

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE ES SCIENCES (ENVIRONNEMENT)

PAR

RICHARD LAPARE

B. Sp. EN SCIENCE (BIOLOGIE)

ÉCOLOGIE DES MOUCHES NOIRES (DIPTERA: SIMULIIDAE)
DE LG2 RADISSON (TERRITOIRE DE LA BAIE DE JAMES, QUEBEC)

Septembre 1980

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RESUME

Cette recherche concerne les populations de Simuliidae de la région de LG-2 - Radisson. Ce territoire du Moyen-Nord du Québec présente un réseau hydrographique dense, offrant un milieu de développement favorable à de fortes populations de mouches noires. L'étude a porté sur six stations permanentes situées sur trois cours d'eau dans un rayon de 10 kilomètres de Radisson.

La liste d'espèces inventoriées provenant des prélèvements périodiques présente une faune riche contenant plus de la moitié des espèces du Québec. La succession saisonnière, quoique plus tardive que dans le sud (Back et Harper, 1979) à cause du régime thermique, offre le même profil général. Les principales espèces se répartissent dans les différents types de milieux selon un gradient rhéotropique propre à chacune d'elles. Des prélèvements de femelles hématophages révèlent que la nuisance à l'homme est causée en majeure partie (plus de 75%) par Simulium venustum Say, comme c'est le cas dans la plupart des régions du Canada (Davies et al., 1962) et de l'Alaska (Sommerman, 1949).

L'examen des larves, dans le but d'étudier la dynamique des populations immatures, s'est avéré problématique au niveau des jeunes stades

larvaires. Ayant établi une méthode d'analyse efficace à partir d'un programme conçu par Schwartz (1971), nous avons pu déterminer six stades larvaires chez Simulium tuberosum Lundström.

Le nombre de stades larvaires chez les Simulies ne peut être évalué a priori par un examen morphologique, ce nombre pouvant varier au sein de la famille. On doit d'abord effectuer une étude biométrique à partir de laquelle peuvent être observées les discriminations morphologiques. Nous constatons aussi qu'il existe presque toujours des recouvrements morphométriques entre chacun des stades successifs et que le rapport de croissance moyen de 1.37 suit la loi de Brook.

Ces données nous ont permis d'observer des différences significatives de tailles entre deux cohortes chez une même espèce.

Richard Laparé

Antoine Aubin

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout le personnel du Groupe de Recherche sur les Insectes Piqueurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour sa collaboration et son encouragement qui m'ont permis de réaliser cette étude.

Mes plus sincères remerciements s'adressent à Monsieur Antoine Aubin, responsable du G.R.I.P., pour avoir dirigé cette étude et pour son aide constante et sa disponibilité au cours des années.

Je remercie plus particulièrement Messieurs Christian Back et Alain Maire pour leurs judicieux conseils et la justesse de leur vision critique lors de la révision du manuscrit. Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à Louise Labarre pour sa participation à l'identification des spécimens récoltés, ainsi qu'à Jean-Guy Lanouette et Jean Baril pour leur aide technique sur le terrain.

Ma plus profonde gratitude s'adresse à Céline Guilbert pour la tâche fastidieuse de dactylographie du manuscrit, et à Odette Trempe pour son support moral et son encouragement soutenu.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|----|
| REMERCIEMENTS | i |
| TABLE DES MATIERES | ii |
| INTRODUCTION | 1 |
| Chapitre Premier : ECOLOGIE DES SIMULIIDAE DE LG-2 RADISSON | 3 |
| 1. INTRODUCTION | 3 |
| 2. BIOLOGIE DES SIMULIIDAE | 5 |
| 2.1 Phases de développement | 5 |
| 2.2 Cycle évolutif | 7 |
| 2.3 Problématique de la taxonomie | 8 |
| 3. METHODES ET TECHNIQUES | 10 |
| 3.1 Prélèvement des larves | 11 |
| 3.2 Prélèvement des adultes | 12 |
| 3.3 Evaluation de la nuisance | 13 |
| 3.4 Mesure des paramètres physiques | 13 |
| 4. DESCRIPTION DU MILIEU | 16 |
| 4.1 Localisation | 16 |
| 4.2 Physionomie | 16 |
| 4.3 Végétation | 17 |

| | | |
|--|--|----|
| 4.4 | Données climatiques | 17 |
| 4.5 | Description des stations | 18 |
| 4.6 | Paramètres physiques des stations | 19 |
| 5. | RESULTATS ET DISCUSSION | 23 |
| 5.1 | Inventaire des Simuliidae | 23 |
| 5.2 | Production et répartition des espèces | 26 |
| 5.2.1 | Productivité des stations | 26 |
| 5.2.2 | Répartition des espèces en fonction des stations | 29 |
| 5.2.3 | Abondance relative des espèces récoltées à l'émergence | 31 |
| 5.3 | Principales caractéristiques des popula- tions larvaires | 31 |
| 5.3.1 | Evolution des cohortes larvaires des principales espèces | 32 |
| 5.3.2 | Variation de la densité larvaire ... | 42 |
| 5.3.3 | Incidence du parasitisme larvaire .. | 44 |
| 5.4 | Succession saisonnière et période de vol .. | 51 |
| 5.5 | Nuisance due aux Simuliidae | 55 |
| 5.6 | Comparaison des résultats obtenus | 58 |
| Chapitre Deuxième : IDENTIFICATION DU NOMBRE DE STADES LARVAIRES CHEZ <i>SIMULIUM TUBEROSUM</i> | | 63 |
| 1. | INTRODUCTION | 63 |
| 2. | REVUE DE LA BIBLIOGRAPHIE | 65 |
| 3. | METHODES ET TECHNIQUES | 70 |
| 3.1 | Technique de mesure | 70 |
| 3.2 | Détermination des stades larvaires | 70 |
| 4. | RESULTATS ET DISCUSSION | 72 |
| 4.1 | Croissance larvaire | 72 |
| 4.2 | Recouvrement et séparation des stades larvaires | 76 |
| 4.3 | Régression linéaire des stades larvaires .. | 83 |
| 4.4 | Différence de tailles entre les larves de deux cohortes successives | 83 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| 4.5. | Indice de croissance des stades larvaires | 86 |
| 4.6 | Description des stades larvaires | 88 |
| CONCLUSION | | 92 |
| BIBLIOGRAPHIE | | 95 |

INTRODUCTION

Les Simulies ont été relativement peu étudiées au Québec. Les premières mentions d'espèces de mouches noires proviennent de la "liste des Diptères du Québec" de Winn et Beaulieu (1932). Twinn (1936) a complété cet inventaire dans une monographie incluant la description des stades immatures de nouvelles espèces de l'est du Canada. Les Simuliidae du nord du Québec ont fait l'objet d'un rapport produit par Shewell (1957) et une étude importante des populations de la Côte Nord du Saint-Laurent a été publiée par Wolfe et Peterson (1959).

Dans l'Outaouais, Davies et Symes (1959) et Davies (1961) ont travaillé sur le cycle évolutif du groupe Prosimulium fuscum/mixtum/fontanum et sur la biologie des adultes de Simulium venustum (Davies, 1963). Le développement des stades préimaginaux a été décrit par Mackay (1969) à partir de populations de Simulies en provenance du Mont St-Hilaire. Les espèces québécoises du genre Prosimulium sont comprises dans la monographie canadienne sur ce genre publiée par Peterson (1970). Back et Harper (1978) ont présenté une liste des espèces des Basses Laurentides ainsi que la biologie de ces espèces (Back et Harper, 1979); cette publication est la plus récente traitant des Simuliidae du Québec.

Etant donné la rareté des recherches relatives aux Simuliidae du Québec et plus particulièrement de la région du Moyen-Nord du Québec continental, nous avons tenté lors de la présente étude de couvrir plusieurs aspects de la biologie des Simuliidae de LG-2 - Radisson.

La mise sur pied de projets hydroélectriques sur le territoire de la Baie de James a suscité un renouveau d'intérêt pour les insectes piqueurs dont la nuisance dans ces régions est extrêmement pernicieuse durant le court été nordique; c'est dans ce contexte que l'étude a été entreprise. Les objectifs ont été premièrement d'établir la liste des espèces présentes dans la région de LG-2 - Radisson; pour ce faire, nous avons circonscrit et prospecté le territoire adjacent sur un rayon d'environ 10 kilomètres autour de LG-2 - Radisson.

La deuxième étape consistait à observer l'abondance, la répartition, et l'émergence des principales espèces de Simulies en fonction des divers sites de développement. Nous avons également effectué quelques relevés afin de déterminer quelles espèces étaient responsables de la nuisance ainsi que la variation de cette nuisance au cours de l'été.

Nous présentons dans le chapitre deuxième, une revue de la bibliographie concernant les stades larvaires des Simuliidae. La distribution des mesures de largeur des capsules céphaliques, nous a permis d'évaluer le nombre de stades larvaires chez Simulium tuberosum. Nous décrivons la morphologie de chacun de ces stades larvaires. Les résultats présentés dans cette étude s'inscrivent à l'intérieur des programmes de recherches du Groupe de Recherche sur les Insectes Piqueurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Chapitre Premier

ECOLOGIE DES SIMULIIDAE DE LG-2 - RADISSON

1. INTRODUCTION

Les études sur les Simulies du Moyen-Nord québécois étant pratiquement inexistantes, il nous a semblé opportun d'analyser différents aspects de l'écologie des espèces présentes à LG-2 - Radisson. Un bref rappel des phases de développement de cet insecte ainsi que les principaux cycles évolutifs des espèces québécoises sont présentés. De plus nous soulignons la problématique actuelle de la taxonomie de cette famille.

Afin d'inventorier le maximum d'espèces nous avons utilisé trois techniques différentes de prélèvement. Les Simulies étant relativement peu influencées par la qualité chimique des eaux, nous retiendrons plutôt les paramètres physiques des ruisseaux étudiés. Les nombreux cours d'eau de cette région inhabitée ne sont accessibles que par voie aérienne, surtout

par hélicoptère. Pour cette raison nous avons choisi trois cours d'eau représentatifs de la majorité des gîtes à larves de mouches noires de la région.

L'examen de la productivité des stations a révélé une abondance particulière de quelques espèces aux déversoirs de lacs. Il a donc été possible à partir de ces observations de suivre le développement larvaire de ces espèces et de façon plus précise, les variations de densité et le parasitisme chez les cohortes larvaires. L'émergence et le voltinisme de 15 des 23 espèces inventoriées sont présentées. Nous observons finalement les principales espèces responsables de la nuisance et les variations de leur abondance au cours de l'été.

2. BIOLOGIE DES SIMULIIDAE

Les Simuliidae appartiennent à l'ordre des Diptères et au sous-ordre des Nématocères. Cette famille comprend des représentants dans toutes les régions du monde et certaines espèces sont considérées comme étant les plus agressives parmi les insectes piqueurs (Grenier, 1953). Plusieurs auteurs ont décrit la morphologie de chacune des phases de développement (Smart, 1944; Grenier, 1953; Davies et al., 1962; Wood et al., 1962). Certains auteurs ont décrit plus précisément la morphologie des stades immatures (Chance, 1970; Crosby, 1974; Craig, 1975; Ross et Craig, 1979).

Les mouches noires sont exclusivement liées aux eaux courantes; c'est dans ces types de milieux que prend place le développement larvaire et la nymphose. Leur cycle de développement, de type holométabole, comprend quatre phases morphologiques distinctes dont nous rapportons ici les caractéristiques essentielles.

2.1 Phases de développement.

L'oeuf : L'oeuf, d'une longueur approximative de 0.3 mm, a une forme ovale, allongée et bombée sur un côté. Sa couleur pâle tourne au foncé peu après la ponte. Selon les espèces et le type de ponte, on peut retrouver les oeufs en masse compactes sur la végétation ou sur les roches sous l'eau, ou encore dispersés sur le lit du cours d'eau.

La larve : Cet état correspond à la période de croissance active du cycle évolutif. On dénombre, selon les espèces, six stades larvaires ou plus. La tête est complètement sclérifiée et on y remarque la présence de deux éventails céphaliques munis de rayons servant à filtrer l'eau afin d'en retenir les particules nutritives (zooplancton, phytoplancton, ...). Le thorax porte un pseudopode ventral terminé par une ventouse entourée de crochets servant à fixer la soie au substrat et aux déplacements par reptation. Les déplacements dans le milieu peuvent aussi se faire par sécrétion d'un fil de soie à l'extrémité duquel la larve se laisse entraîner. L'abdomen, renflé postérieurement, se termine par des branchies rectales en-dessous desquelles se trouve une ventouse entourée de crochets anaux servant à fixer la larve sur le substrat.

Les premiers stades larvaires, généralement de 1 mm de longueur, possèdent une dent d'éclosion au milieu de l'apotome céphalique. Le dernier stade larvaire est caractérisé par la présence de bourgeons thoraciques où se distinguent les embryons des ailes, des haltères et des pattes de l'adulte. Les bourgeons les plus importants sont les histoblastes, futurs filaments respiratoires de la nymphe; ils sont enroulés en spirale et prennent une teinte foncée quelques temps avant la nymphose. A ce moment la larve se tisse un cocon fixé au substrat et à l'intérieur duquel a lieu la nymphose. Les principales structures permettant l'identification spécifique des larves sont: le nombre, la coloration et la position des taches de l'apotome céphalique; la forme de la fente postgénale; le nombre et la position des dents de l'hypostomium; le nombre de rayons des éventails céphaliques ainsi que des crochets du pseudopode et de la ventouse anale.

La nymphe : Elle est pratiquement immobile, et s'identifie principalement par la forme des filaments respiratoires, plus ou moins ramifiés et situés de part et d'autre du thorax, et par la forme du cocon. Cette phase est la plus courte, allant de quelques jours à plus d'une semaine. La nymphose terminée, l'adulte, enveloppé d'une bulle de gaz, émerge du cocon et est propulsé vers la surface d'où il s'envole presque immédiatement.

L'adulte : L'adulte est de petite taille (3 mm) et présente un thorax bombé qui lui donne une allure bossue. Le mâle possède des yeux très développés dans la partie supérieure et un abdomen mince terminé par des paramères en forme de pinces servant à l'accouplement, alors que la femelle se reconnaît en général par sa tête plus petite et son abdomen renflé. Quelques espèces peuvent s'accoupler et pondre immédiatement, mais chez plusieurs espèces la femelle doit prendre un repas de sang afin d'obtenir les protéines nécessaires à la maturation des oeufs. Certaines espèces peuvent accomplir plusieurs cycles gonotrophiques, le repas de sang étant parfois facultatif pour le premier, mais obligatoire pour les suivants. L'énergie nécessaire au vol provient de sucres d'origine végétale. Les espèces piqueuses peuvent être ornithophiles ou mammophiles, s'attaquant alors de préférence aux mammifères, dont l'homme.

2.2 Cycle évolutif.

Parmi les espèces présentes au Québec nous pouvons distinguer deux types de cycles évolutifs. Les espèces univoltines, qui n'ont qu'une génération par année, caractérisent le premier type. Ces espèces ont une diapause de l'oeuf durant l'été et l'éclosion des oeufs survient à l'automne ou à

l'hiver, si bien qu'au printemps les larves ont atteint les derniers stades et se métamorphosent en adulte après le dégel. C'est le cas de la plupart des espèces appartenant aux genres Prosimulium et Cnephia. Cependant chez Cnephia dacotensis, la diapause de l'oeuf se poursuit durant l'automne et l'hiver et l'éclosion n'a lieu qu'au printemps.

Le second cycle évolutif est représenté par les espèces polyvoltines. Chez ces dernières les oeufs n'éclosent qu'au printemps après une diapause qui dure depuis l'été ou l'automne précédent. Le développement larvaire se termine quelques semaines après le dégel et les adultes de la première génération apparaissent. Une ou plusieurs générations peuvent succéder à la première. Ce cycle est commun aux espèces appartenant au genre Simulium. On note cependant une exception dans le cas de Simulium vittatum où il n'existe pas de diapause de l'oeuf, de sorte que les larves peuvent être présentes dans les ruisseaux durant toute l'année.

Les auteurs suivants ont décrit de façon exhaustive le cycle évolutif de la plupart des espèces rencontrées au Québec: Davies et al. (1962), Pinkovsky (1970), Lewis et Bennett (1973), Back et Harper (1979).

2.3 Problématique de la taxonomie.

Cette famille comprend relativement peu d'espèces comparée aux autres familles de Diptères. C'est une des familles les plus singulières mais aussi une des plus homogènes parmi cet ordre, ce qui rend difficile l'identification à l'espèce de ses représentants. Des types de gîtes homogènes (milieux lotiques) associés à un mode de développement spécialisé des stades imma-

tures confèrent à cette famille une grande uniformité de caractères morphologiques. Cette uniformité réduit le nombre de caractères distinctifs permettant de séparer les espèces. L'identification de certaines espèces apparentées peut être difficile au niveau des adultes et quelquefois impossible au niveau des stades immatures (Davies et al., 1962).

L'examen des chromosomes géants des glandes salivaires chez la larve a montré que plusieurs espèces, considérées jusqu'à récemment comme des espèces uniques, étaient en fait des complexes d'espèces jumelles mais distinctes. Ainsi les espèces suivantes sont reconnues comme étant des complexes spécifiques: Simulium aureum, sept espèces (Dunbar, 1959); S. tuberosum, quatre espèces (Landau, 1962); S. venustum/verecundum, plus d'une dizaine d'espèces (Rothfels, 1978). Le genre Prosimulium comprend aussi plusieurs espèces jumelles (Rothfels, 1979). Un travail important reste à faire afin de déterminer l'écologie et la description de chacune de ces espèces jumelles. Les problèmes taxonomiques liés à ce phénomène sont en partie responsables des nombreuses synonymies des espèces holarctiques et limitent pour l'instant les travaux de faunistique sur cette famille (Rothfels, 1979).

3. METHODES ET TECHNIQUES

Le but de l'étude étant de définir l'évolution de la densité relative des populations de *Simulies* à différentes stations et de comparer ces densités entre elles, nous avons choisi des méthodes d'échantillonnage semi-quantitatives, soit les substrats artificiels pour les larves et les cages d'émergence pour les adultes.

La majorité des prélèvements de larves et d'adultes ont été analysés dans leur entier. Cependant quelques prélèvements de larves contenaient trop de spécimens pour être examinés entièrement. Dans ces cas nous avons fractionné les prélèvements en parties aliquotes divisées à l'aide d'un séparateur à plancton.

Nous avons utilisé la clé d'identification de Davies et al. (1962) pour les adultes, et celle de Wood et al. (1963) pour les larves. La nomenclature utilisée pour les genres suit celle proposée par Peterson (1978).

Nous préférons utiliser le terme cohorte chez les larves pour désigner les individus ayant subi les mêmes conditions de développement. En effet le terme génération implique que le recrutement est identique pour les individus qui la composent, ce que nous ignorons, notamment dans le cas des espèces polyvoltines.

Les spécimens sont conservés à la collection du GRIP (Groupe de Recherche sur les Insectes Piqueurs) à l'université du Québec à Trois-Rivières.

3.1 Prélèvements des larves.

Il est reconnu depuis longtemps que les larves de *Simulies* colonisent spontanément un nouveau substrat disponible et situé dans leur gîte (Johnson et Pengelly, 1966; Lewis et Bennet, 1974). De plus Wolfe et Peterson (1959) ainsi que Abdelnur (1969) ont démontré que les larves présentaient un phototropisme positif, colonisant en plus grande quantité les substrats de couleur claire en particulier le blanc.

Comparées aux autres insectes des milieux lotiques, les larves de *Simulies* colonisent rapidement un nouveau substrat disponible. Ainsi dans une étude sur la dynamique de colonisation des substrats artificiels, Khalaf et Tachet (1977) ont traité les *Simulies* en tant que groupe à part des autres macroinvertébrés parce qu'elles atteignaient un maximum de densité en moins de huit jours. A l'instar de ces auteurs, Boobar et Granett (1978) et Gersabeck et Merritt (1979) ont obtenu des densités maximales de colonisation sur des substrats de polythène après cinq à sept jours d'immersion. Ces deux dernières études portaient sur des populations larvaires du nord-est des Etats-Unis.

Pour ces raisons et d'après nos observations, nous avons utilisé des substrats artificiels faits de fibre de verre blanche ondulée de 500 cm² (22.3 x 22.3 cm) de superficie. De plus ils présentent une surface légèrement ridée favorisant la fixation des larves en diversifiant les micro-courants. Ces substrats, de trois à quatre par station, étaient orientés

perpendiculairement au courant et maintenus en place par un fil métallique relié à des piquets ou à de grosses pierres. Les larves étaient enlevées des substrats par rinçage à l'alcool éthylique à 90%. Au laboratoire les prélèvements étaient nettoyés de leurs impuretés et l'alcool usagé remplacé par de l'alcool inaltéré. Chaque station était visitée à tous les deux jours, de sorte qu'en moyenne chaque substrat avait un temps d'immersion moyen de cinq jours. Les substrats ont été installés à partir du 2 juin et ont été relevés jusqu'au 11 août.

3.2 Prélèvement des adultes.

Les adultes ont été récoltés à l'aide de cages d'émergence du type préconisé par Aubin et al. (1973). Ces cages sont constituées d'un cône de mousseline de 1.5 mètre de hauteur, muni d'un manchon pour éviter l'entrée d'autres insectes durant la collecte, et maintenu dans le bas par un cerceau couvrant une surface de 0.45 m^2 . L'ensemble est suspendu à une plaque de bois surmontée d'un pot collecteur en verre. La cage est maintenue en place par un faisceau de piquets. L'utilisation d'un pot collecteur à demi-plein d'alcool permet, sans perte de spécimens, d'allonger les intervalles entre les récoltes.

Les cages étaient installées à chaque station à un ou deux mètres en aval des substrats artificiels, et les captures ont été effectuées du 8 juin au 11 août 1976 à des intervalles de deux jours en moyenne, bien que parfois des contretemps naturels (orage, incendie de forêt, ...) ou mécaniques (camions, hélicoptères, ...) ont allongé cet intervalle. A partir du 11 août on a utilisé la formaline à 4% additionnée de glycerine au lieu de l'alcool et on a fait deux relevés subséquents, l'un le 24 août et l'autre le 24

septembre. Il faut noter que du 3 au 7 juin, un incendie de forêt a fait rage au sud de LG-2 - Radisson, empêchant l'installation des cages à cet endroit avant le 7 juin.

3.3 Evaluation de la nuisance.

Nous avons évalué la nuisance infligée à l'homme par les Simulies grâce à des captures au filet entomologique. Deux prélèvements ont été effectués, de jour entre 10 h et 15 h aux stations 3 et 6, et deux autres entre 20 h et 21 h aux stations 7 et 8 situées près de Radisson. Après une attente de dix minutes, l'opérateur capture les insectes attirés à lui pendant une période de cinq minutes. Afin de minimiser autant que possible les sources de variation, on a tenté de confier ce rôle d'opérateur toujours à la même personne, vêtue d'un même imperméable vert et d'un filet de tête, sans répulsif à insectes.

3.4 Mesure des paramètres physiques.

Les paramètres physiques retenus à chacune des stations ont été: la section des ruisseaux, largeur et profondeur moyenne, la température au moment des prélèvements ainsi que les extrêmes atteints par l'eau des ruisseaux entre deux prélèvements successifs.

La vitesse moyenne du courant a été mesurée à plusieurs reprises grâce à un micro-moulinet à compteur numérique General Oceanics. La méthode consiste à mesurer la vitesse du courant dans les zones homogènes: surface, fond et près des rives, pendant une minute. On obtient le débit moyen du ruisseau, en multipliant la vitesse moyenne de l'eau par la section mouillée

du ruisseau. Enfin les variations du niveau d'eau ont été observées grâce à une jauge à niveau marquée aux centimètres et installée à chacun des ruisseaux.

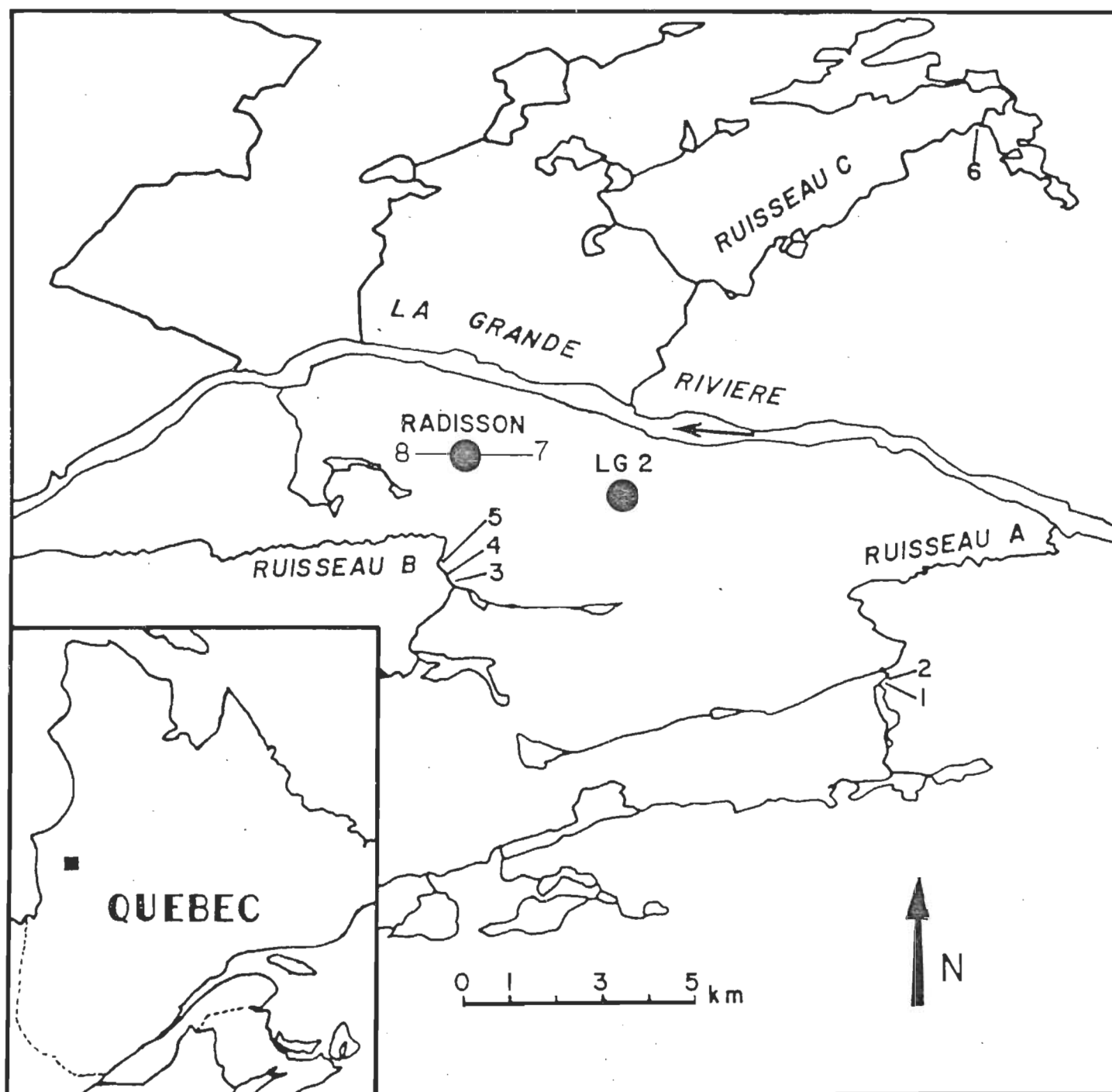


Figure 1 : Localisation du territoire et situation des stations d'étude et de LG-2 - Radisson.

4. DESCRIPTION DU MILIEU

4.1 Localisation.

Le chantier de LG-2 et la ville de Radisson sont situés dans le Moyen-Nord Subarctique ($53^{\circ}47'N$; $77^{\circ}36'O$). D'après Ducruc et al. (1967), ils sont compris dans la région écologique du lac Sakami, domaine phytogéographique de la pessière à épinette noire, mousse et lédon. Le secteur prospecté couvre un rayon de 10 km autour de LG-2 - Radisson (fig. 1).

4.2 Physionomie.

Ce secteur comprend trois grands types d'écosystèmes (Jurdant, 1973): le plateau, couvrant la majeure partie de la région; le talus, sections comprises entre le plateau et la Rivière La Grande; et finalement un méandre situé au sud-ouest de la région. Cette région, sise sur le socle précambrien, présente un relief moutonné dû aux affleurements de la roche en place et à des placages de dépôts morainiques et de matériaux organiques épais. Elle est constituée d'une série de collines à faible relief, dont l'altitude moyenne varie entre 120 et 180 mètres. Cette configuration bosselée est très favorable à la formation de lacs puisqu'on en compte plus d'une quarantaine dans le secteur étudié.

La structure du bassin de drainage serait un intermédiaire entre le type "multi-basinal", résultant d'une récente glaciation, et de type

"contorted" où les cours d'eau suivent les failles de la roche métamorphique (Howard, 1967). Le bassin de drainage, situé dans la vallée même de La Grande Rivière, est donc constitué de plusieurs chaînes de lacs reliés entre eux par des ruisseaux importants dont la largeur varie en moyenne de 1 mètre à plus de 20 mètres. Ces ruisseaux coulent pour la plupart sur des lits constitués de roches erratiques.

4.3 Végétation.

En général la végétation en bordure des ruisseaux dans cette région est représentée par la pessière à Picea mariana, Larix laricina et Salix planifolia; ce groupement constitue le terme le plus évolué des saulaies en bordure des cours d'eau (Mailhot, 1979). Les épinettes noires et les mélèzes (9 à 12 mètres de hauteur) composent la strate arborescente dont le recouvrement varie de 40% à 60%. La strate arbustive est surtout constituée de Salix planifolia et d'Alnus rugosa (1 à 3 mètres de hauteur, recouvrement 10% à 40%). On y retrouve aussi le lédon (Ledum groenlandicum) et la cassandre (Chamaedaphne calyculata). Au niveau des strates les plus basses on observe Betula glandulosa, Ranunculus lapponicus, Smilacina trifolia et Equisetum sylvaticum.

4.4 Données climatiques.

Les données météorologiques pour la région de LG-2 - Radisson sont fragmentaires et disponibles seulement depuis 1973; nous avons pour cette raison retenu plutôt les données en provenance de Fort-Georges, situé le long de la Baie de James, à l'embouchure de La Grande Rivière, 100 km à l'est du secteur étudié. Ces données ont été recueillies de 1941 à 1970

(Environnement Canada, 1970).

La température annuelle moyenne est de -3°C avec un maximum de 12.5°C pour le mois de juillet et un minimum de -22.5°C pour le mois de janvier. La précipitation annuelle moyenne est de 580 mm, dont 200 mm sous forme de neige. Le régime des cours d'eau est donc de type pluvio-nival, caractérisé par une crue importante des cours d'eau lors de la fonte des neiges, à la fin de mai. Le niveau d'eau atteint alors son maximum printanier. Maire et Aubin (1976) ont fait une description détaillée du milieu biophysique de LG-2 - Radisson.

4.5 Description des stations.

Nous avons établi six stations de prélèvement réparties sur trois cours d'eau différents (A, B et C) dont la situation par rapport à LG-2 - Radisson est indiquée sur la carte de la figure 1. Ces gîtes à larves de *Simulies* ont été choisis afin de couvrir un gradient typologique le plus étendu possible par rapport à l'ensemble des cours d'eau de la région.

Le ruisseau A fait partie du réseau de drainage de la chaîne de lacs situés au sud-est de LG-2 - Radisson. La station 1, située au déversoir d'un lac, se caractérise par un lit encaissé dont le substrat est composé de blocs erratiques sur un affleurement de roche précambrienne. La station 2 est située sur le même ruisseau à 150 mètres en aval de la première. Le substrat est composé de galets arrondis d'une dizaine de centimètres de diamètre en moyenne.

Le ruisseau B draine une zone argileuse, ce qui entraîne une plus grande turbidité de l'eau. La station 3 se trouve immédiatement en aval de la zone

de méandres et se caractérise par un lit étroit et profond où de gros blocs erratiques sont empilés. A la station 4, 120 mètres en aval de la station 3, le lit du ruisseau s'élargit et l'eau court sur un mélange de blocs et de cailloux anguleux qui se couvrent au cours de l'été d'algues filamenteuses. La station 5 sur le même ruisseau, 150 mètres en aval de la station 4, se situe en contrebas d'une rupture de pente où la roche précambrienne affleure et où le substrat se compose de blocs erratiques.

La rivière C est le déversoir d'un lac de grande dimension (environ 5 km de long), sur la rive nord de la Grande-Rivière, au nord-est de LG-2 - Radisson. La station 6, établie au déversoir même de ce lac, est surtout remarquable par une rupture de pente de plus d'un mètre, sur un substrat absolument lisse constitué d'un affleurement de la roche précambrienne. La rupture de pente et le substrat lisse provoquent une grande vitesse de courant. Le tableau I résume les principales caractéristiques morphologiques des six stations (la profondeur moyenne indiquée est celle où ont été prélevées les larves).

4.6 Paramètres physiques des stations.

Les paramètres physiques considérés sont présentés à la figure 2 ; nous avons inclus la température de l'air et les précipitations. Ces derniers proviennent du Bureau de Météorologie de l'Aéroport de la Grande-Rivière, situé à 30 km au sud de LG-2 - Radisson. Les températures de l'air et des cours d'eau sont présentées sous forme de minima et maxima. On observe que les variations de la température de l'eau suivent celles de l'air quoique de façon atténuée. Le réchauffement printanier (élévation de la température de l'eau au-dessus de 2°C) a commencé le 16 mai, et le 26 mai l'eau atteignait

TABLEAU I

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES
DES STATIONS ETUDIEES

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Largeur du ruisseau (m) | 2.5 | 4 | 1.8 | 2 | 2 | 25 |
| Profondeur de l'eau (cm) | 30 | 30 | 50 | 30 | 30 | 20 |
| Vitesse moyenne du courant (cm/s) | 100 | 40 | 60 | 40 | 50 | 200 |
| Substrat: | | | | | | |
| roche lisse | | | | | | 100% |
| blocs | 90% | | 70% | 20% | 80% | |
| cailloux | 10% | 60% | 30% | 30% | 20% | |
| graviers | | 40% | | 20% | | |
| Présence d'algues filamenteuses | | | | 30% | | |

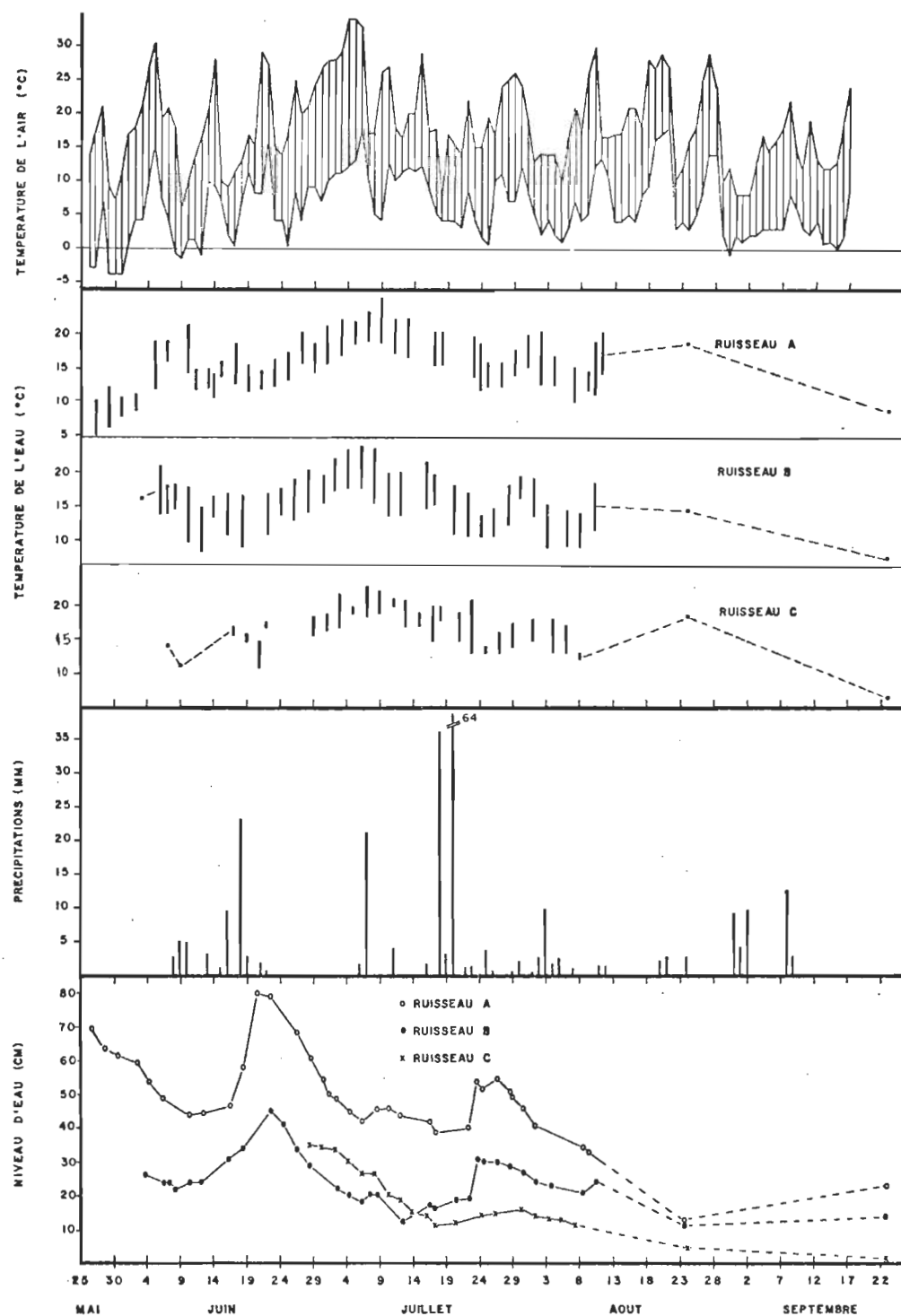


Figure 2: Paramètres physiques des stations.

déjà 10°C , ce qui représente une augmentation très rapide de la température en général. L'amplitude thermique est moindre dans le ruisseau C, probablement à cause de la masse d'eau importante qui l'alimente.

L'examen des données de précipitations permet de noter la sécheresse qui a duré jusqu'au 8 juin et qui fût à l'origine d'un feu de forêt. Les feux de forêt, qui surviennent souvent dans ces régions, font partie intégrante des successions écologiques (Maire et Aubin, 1976).

L'effet des précipitations sur le niveau d'eau des ruisseaux est très net. Les pluies abondantes du 13 au 22 juin et du 18 au 20 juillet ont provoqué des crues importantes, mais on remarque une tendance générale à l'assèchement au cours de l'été dans les trois cours d'eau. L'impact de ces fortes précipitations résulte, dans les 48 heures subséquentes, en une augmentation brusque du niveau et donc du débit des ruisseaux; cette augmentation est d'autant plus marquée que le lit du ruisseau est encaissé. Par exemple on observe le 20 juin à la station 1 (ruisseau A) une augmentation de 20 cm du niveau d'eau, ce qui représente une augmentation minimale du débit de 500 litres/sec en 48 heures.

Afin de donner une idée du débit associé aux niveaux des ruisseaux, notons que pour les niveaux observés le 5 juillet (fig. 2) le débit du ruisseau A était de 630 l/sec , celui du ruisseau B de 420 l/sec et celui du ruisseau C, de 1,200 l/sec.

5. RESULTATS ET DISCUSSION

5.1 Inventaire des Simuliidae.

Les espèces inventoriées dans la région de LG-2 - Radisson sont présentées au tableau II . L'identification du matériel provenant des substrats artificiels, des cages d'émergence et du filet entomologique a permis de recenser 23 espèces. Trois d'entre elles appartiennent au genre Prosimulium, une au genre Cnephia, une au genre Metacnephia, une au genre Stegopterna et 17 au genre Simulium. La liste de ces espèces présente un intérêt faunistique dû à la quasi-absence de récoltes antérieures provenant du Moyen-Nord québécois continental.

En effet le "Northern Insect Survey" (Shewell, 1957) concernait surtout des localités côtières telles que Fort Chimo, Port Harrison ou Poste-de-la-Baleine. Les travaux de Wolfe et Peterson (1959) donnent des renseignements utiles sur la faune simuliidienne de Baie-Comeau, sur la Côte Nord, mais là encore il s'agit d'une localité côtière. Il est possible de regrouper les espèces selon les distributions proposées par les auteurs suivants: Shewell (1958), Davies et al. (1962), Stone (1965) et Back et Harper (1978).

La faune simuliidienne de LG-2 - Radisson comprend six espèces holarctiques (Simulium aureum, S. decorum, S. tuberosum, S. venustum, S. verecundum et S. vittatum), une espèce à distribution laurentienne (Cnephia dacôtensis),

TABLEAU II

LISTE DES SIMULIIDAE DE LG2-RADISSON

| GENRES | SOUS GENRES | ESPECES | AUTEURS |
|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|
| <i>Prosimulium</i> | <i>Distosimulium</i> | <i>pleurale</i> | Malloch |
| " | <i>Prosimulium</i> | <i>fuscum</i> | Syme et Davies |
| " | " | <i>mixtum</i> | " |
| <i>Cnephia</i> | <i>Cnephia</i> | <i>dacotensis</i> | Dyar et Shannon |
| <i>Metacnephia</i> | <i>Metacnephia</i> | <i>saileri</i> | Stone |
| <i>Stegopterna</i> | <i>Stegopterna</i> | <i>mutata</i> | Malloch |
| <i>Simulium</i> | <i>Eusimulium</i> | <i>aestivum</i> | Davies, Peterson et Wood |
| " | " | <i>anatinum</i> | Wood |
| " | " | <i>aureum</i> | Fries |
| " | " | <i>croxtoni</i> | Nicholson et Mickel |
| " | " | <i>euryadminiculum</i> | Davies |
| " | " | <i>excisum</i> | Davies, Peterson et Wood |
| " | " | <i>furculatum</i> | Shewell |
| " | " | <i>quebecense</i> | Twinn |
| " | " | <i>vernum</i> | Macquart |
| " | <i>Byssodon</i> | <i>rugglesi</i> | Nicholson et Mickel |
| " | <i>Shewellomyia</i> | <i>longistylatum</i> | Shewell |
| " | <i>Psilozia</i> | <i>vittatum</i> | Zetterstedt |
| " | <i>Gnus</i> | <i>corbis</i> | Twinn |
| " | <i>Simulium</i> | <i>decorum</i> | Walker |
| " | " | <i>tuberosum</i> | Lundstrom |
| " | " | <i>venustum</i> | Say |
| " | " | <i>verecundum</i> | Stone et Jamnback |

et un groupe d'espèces dont la distribution s'étend sur la majeure partie de l'Amérique du Nord (Stegopterna mutata, Simulium corbis et S. rugglesi). Les autres espèces présentent un intérêt particulier car elles ont une distribution limitée au Canada boréal (Prosimulium pleurale, Metacnephia saileri, Simulium furculatum) ou de façon plus ou moins précise au plateau précambrien (Prosimulium fuscum, P. mixtum, Simulium aestivum, S. anatinum, S. croxtoni, S. euryadminiculum, S. excisum, S. longistylatum, S. quebecense et S. vernum), d'où l'importance des études écologiques sur les Simulies du Moyen-Nord québécois. Celui-ci représente sans doute l'aire optimale d'une bonne partie de ces dernières espèces.

Des trois espèces de Prosimulium trouvées à LG-2 - Radisson, P. pleurale est celle dont la distribution est la plus septentrionale. Sa présence dans cette région indique que cette espèce serait répartie dans tout le Moyen-Nord québécois et non pas seulement dans l'est comme le montraient les mentions précédentes (Peterson, 1970). Les adultes de P. fuscum et P. mixtum ont été identifiés de façon certaine à quelques reprises. Ces deux espèces font partie du "groupe mixtum", comprenant P. fontanum, P. fuscum, P. mixtum et P. mysticum; ces espèces sont toutes proches tant par la morphologie que l'écologie (Peterson, 1970).

Davies et Syme (1958) ont montré que les spécimens néarctiques placés sous le nom européen de Prosimulium hirtipes appartenaient en fait à trois nouvelles espèces: P. fontanum, P. mixtum et P. fuscum. Ross et Craig (1979) ont d'ailleurs décrit la morphologie de chacun des sept stades larvaires de ces deux dernières espèces sans observer de caractères permettant de les discerner; ils décrivent ces larves comme appartenant au groupe P. fuscum/mixtum. Seules les analyses chromosomiques permettent d'identifier avec

certitude ce "groupe mixtum", dont certaines espèces peuvent s'hybrider (Rothfels et Freeman, 1977).

Ainsi que nous l'avons montré dans la section 2.3, les espèces suivantes font aussi partie de complexes spécifiques: Simulium aureum, S. tuberosum, S. venustum et S. verecundum (Rothfels, 1979). Wolfe et Peterson (1959) mentionnent qu'il est pratiquement impossible de distinguer entre elles les larves de S. venustum et S. verecundum. Nous avons constaté le même phénomène sauf pour une faible proportion de larves à maturité possédant les caractères dominants de l'une ou l'autre de ces deux espèces conséquemment à la clé de Wood et al. (1963). Considérées dans leur entité spécifique, certaines de ces espèces pourraient voir leur aire de distribution se restreindre à l'Amérique du Nord ou au plateau précambrien, au lieu d'être holarctiques comme le laissent présumer ces complexes.

Très peu d'ouvrages traitent de l'espèce boréale Metacnephia saileri. Elle est abondante en Alaska (Sommerman et al., 1955); par contre sa présence n'est signalée qu'au Canada (Fredeen, 1958) et en deux endroits au Québec: à Fort Chimo et Grande-Rivière-de-la-Baleine (Shewell, 1957). Si nous n'avons capturé qu'une seule larve de M. saileri à LG-2 - Radisson, par contre elle est très abondante au niveau de la Rivière Caniapiscau, lac Duplanter (C. Back, communication personnelle).

5.2 Production et répartition des espèces.

5.2.1 Productivité des stations.

La production des espèces de Simulies lors de l'émergence varie beaucoup selon les stations. Afin de mettre en relief les modalités de cette

variation, nous avons cumulé les effectifs totaux des adultes des onze espèces les plus abondantes aux six stations (fig. 3). En tenant compte des principaux facteurs déterminant la qualité des gîtes larvaires (Carlsson, 1967), nous avons divisé les stations en deux groupes selon leur situation, aux déversoirs de lacs (stations 6, 1 et 3) ou le long des cours d'eau (stations 5, 4 et 2). A l'intérieur de chaque groupe, les stations sont classées par ordre décroissant selon la vitesse moyenne du courant. Les effectifs de chaque espèce sont indiqués et représentés pour chaque station sous forme d'histogrammes. L'abondance relative de chaque station est indiquée en pourcentage relatif.

L'examen de la figure 3 révèle la prépondérance des déversoirs de lac (station 6, 1 et 3) comme support à de fortes densités de *Simulies*. En effet on y retrouve 89.3% de l'effectif total de capture alors que les stations 5, 4 et 2, situées en aval des déversoirs n'ont produit que 10.7% de cet effectif. Si l'on regarde la productivité de chacune des stations dans un ordre décroissant on obtient le classement suivant où la station 3 a produit 41.3% de l'effectif puis, dans l'ordre, les stations 6 (28.1%), 1 (20.0%), 5 (6.6%), 4 (2.8%) et 2 (1.2%).

Il est cependant important de noter que ces productions par station sont comparées entre elles à partir de cages d'éclosion qui couvrent toutes une même surface d'échantillonnage de 0.45 m^2 . Or, en considérant la section colonisable des ruisseaux étudiés en mètres carrés, il apparaît clairement qu'un cours d'eau de la dimension du ruisseau C (station 6, 25 mètres de largeur) a une production absolue nettement supérieure à des cours d'eau tels le ruisseau B (station 3, 2 mètres de largeur); bien que la productivité de ceux-ci par unité de surface égale soit plus grande. On conçoit assez

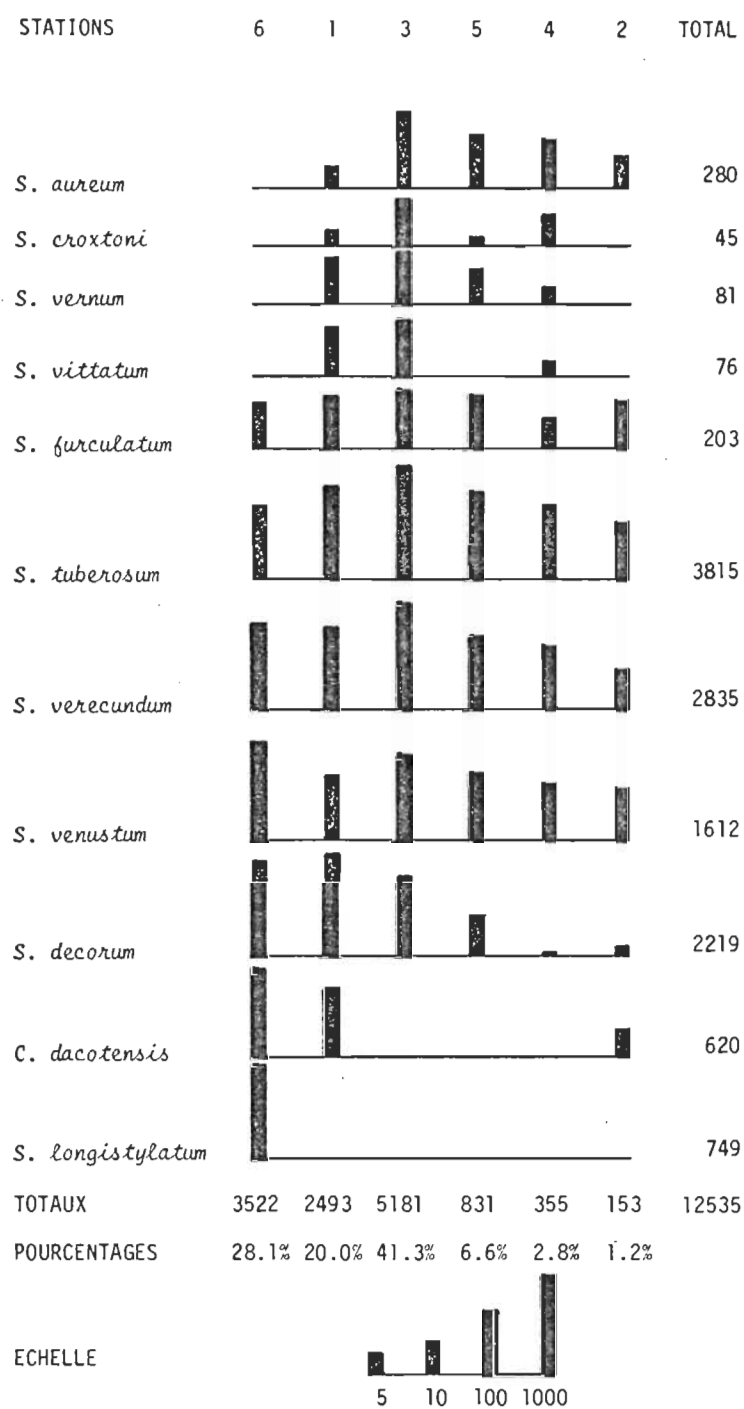


Figure 3: Effectifs totaux de l'émergence de onze espèces de Simulies aux six stations.

bien que les espèces colonisant des ruisseaux comparables au ruisseau C représentent une biomasse totale beaucoup plus considérable. L'abondance de ces types de gîtes peut être déterminante en terme de production d'espèces nuisibles.

Les résultats concernant la forte productivité de *Simulies* aux déversoirs de lacs (89.3% de l'effectif total de capture) sont en accord avec ceux de Carlsson (1967) et de Ulfstrand (1968). Cette prépondérance est due d'une part au comportement de ponte des femelles qui semblent rechercher les déversoirs de lacs pour l'oviposition, et d'autre part à une plus grande capacité de support de ces types de gîtes à cause de la charge sestonique élevée des eaux lenticques. Ces observations sur l'abondance des *Simulies* en fonction de deux facteurs primordiaux: soit la situation des gîtes par rapport aux lacs et la vitesse du courant, sont appuyés par les travaux de plusieurs auteurs (Stone et Jamnback, 1955; Anderson et Dicke, 1960; Davies et al., 1962; Abdelnur, 1962; et Back et Harper, 1979).

5.2.2 Répartition des espèces en fonction des stations.

Sur la figure 3, il est aussi possible d'observer la répartition de chacune des espèces en fonction des stations. En effet on peut séparer les espèces en trois groupements distincts. Le premier, formé de *Simulium decorum*, *Cnephia dacotensis* et *S. longistylatum*, semble inféodé aux courants rapides et aux déversoirs de lacs (Davies et al., 1962). A l'opposé, *S. aureum*, *S. croxtoni*, *S. vernum* et *S. vittatum* ont été retrouvés surtout aux stations à courants plus lents. Par contre *S. furculatum*, *S. tuberosum*, *S. verecundum* et *S. venustum* ont été rencontrés dans toutes les stations et ces espèces semblent montrer une plus grande tolérance vis-à-vis les diffé-

rentes vitesses de courant.

Le nombre peu élevé de stations ne permet de tirer que des conclusions générales quant aux exigences des espèces récoltées. Cependant les sites choisis pour ces stations représentent un gradient typologique étendu qui englobe la plupart des types de gîtes larvaires rencontrés dans la région de LG-2 - Radisson.

Il est possible de relier certaines caractéristiques morphologiques des larves en rapport avec les types de milieux colonisés par celles-ci. Ainsi la dimension de l'éventail céphalique est, proportionnellement à la taille des larves, plus grande chez les larves des espèces associées aux stations à courant relativement lents (Simulium aureum, S. vernalum et S. croxtoni), que chez les espèces associées aux stations à courants plus rapides (Cnephia dacotensis et S. longistylatum). Chez ces deux dernières espèces, peu apparentées d'un point de vue taxonomique, le corps des larves présente une même silhouette conique et allongée dont la partie postérieure tronquée semble procurer une meilleure surface d'attachement pour la couronne de crochets anaux (D. M. Wood, communication personnelle). De plus l'éventail céphalique est proportionnellement moins grande que chez les espèces associées aux courants plus lents. Chez S. longistylatum on a observé un épaississement de la salive qui donne alors une soie plus résistante, procurant un meilleur ancrage en milieu turbulent (Davies et al., 1962).

L'amplitude écologique plus vaste d'espèces comme Simulium tuberosum, S. venustum/verecundum pourrait trouver une explication dans le fait que ce sont des complexes d'espèces (Landau, 1962; Rothfels et al., 1978).

L'analyse préliminaire faite récemment par K. Rothfels, de larves de S. venustum/verecundum provenant du territoire de la Baie de James, a mis en évidence que différents cours d'eau hébergent des formes différentes de ce complexe (Rothfels, 1979). Ceci indique que la grande amplitude écologique de ces espèces n'est que le résultat d'une confusion taxonomique.

5.2.3 Abondance relative des espèces récoltées à l'émergence.

La figure 3 révèle que les espèces les plus abondamment récoltées appartiennent au sous-genre Simulium: S. decorum, S. tuberosum, S. venustum et S. verecundum. En effet le pourcentage relatif de ces espèces compte pour 83.4% de l'effectif total de l'émergence de l'ensemble des espèces aux six stations. Les espèces les plus abondamment représentées après celles-ci sont: S. longistylatum, Cnephia dacotensis, S. furculatum et S. aureum; elles comptent effectivement pour plus de 14.7% de l'émergence. Aucune des autres espèces récoltées ne représente plus de 1% des effectifs de captures; prises dans leur ensemble, elles constituent moins de 1.9% de l'effectif total.

5.3 Principales caractéristiques des populations larvaires.

Speir et Anderson (1974) ont montré que l'abondance des adultes à l'émergence reflète de façon proportionnelle l'abondance des larves aux sites correspondants. Cette relation s'établit tant au niveau de la densité totale de spécimens récoltés qu'au niveau de l'abondance relative de chacune des espèces.

Or les résultats précédents démontrent d'une part que la productivité

en adultes des déversoirs de lacs est nettement supérieure à celle des stations situées le long des ruisseaux (respectivement 89.3% contre 10.7%), et que, d'autre part, sept des dix-huit espèces récoltées dans les cages d'émergence constituent à elles seules plus de 98% de l'effectif total de capture (voir sections 5.2.1 et 5.2.3).

Ces résultats corroborent le fait que nous n'ayons pu observer la dynamique que de quelques espèces de larves et uniquement pour les stations situées aux déversoirs de lacs.

5.3.1 Evolution des cohortes larvaires des principales espèces.

Les figures 4 à 9 présentent sous forme d'histogrammes les captures des sept espèces de larves de *Simulies* dont il a été possible de suivre l'évolution aux stations 1, 3 et 6. Les quantités de larves capturées aux stations 2, 4 et 5 ont été trop faibles pour permettre des observations valables. Sur ces histogrammes nous présentons pour chaque prélèvement les proportions de larves parasitées et la fraction de larves matures possédant des histoblastes pigmentés. Chaque prélèvement représente la quantité de larves prélevées par substrat artificiel. Afin d'apprécier l'émergence de ces espèces nous avons représenté le nombre d'adultes capturés dans les cages d'émergence aux sites correspondants. Cependant le nombre de générations et les périodes de vol de ces espèces seront présentés et discutés aux sections 5.3 et 5.4.

Cnephia dacotensis (fig. 4)

Les premières larves ont été prélevées entre le 5 et le 10 juin; certaines d'entre elles ont déjà atteint les stades intermédiaires, indiquant que l'éclosion a été amorcée plus tôt. Leur développement est rapide et synchronisé. Le pic d'abondance est suivi d'une diminution brusque de la densité larvaire et d'une augmentation de la proportion de larves à maturité et de larves parasitées. Les premières larves à maturité précèdent l'émergence des adultes de moins de dix jours.

Simulium longistylatum (fig. 5)

On observe chez S. longistylatum deux cohortes nettement séparées dans le temps. La première est présente dans le milieu du 11 juin au début juillet avec un pic d'abondance vers le 22 juin; les premières larves à maturité précèdent les premiers adultes d'environ 15 jours. La deuxième cohorte, plus importante que la première, s'étale sur une plus longue période, du 12 juillet au 23 août avec un pic d'abondance autour du 7 août. Les densités importantes observées les 12 et 14 juillet se composent uniquement de premiers stades larvaires. Le synchronisme entre les cohortes larvaires et l'émergence des adultes est clairement défini chez cette espèce.

Simulium decorum, S. furculatum, S. tuberosum, S. venustum/verecundum
(fig. 6 à 9)

Lorsque les quantités de larves récoltées sont suffisamment grandes, il est possible d'observer deux principales cohortes larvaires chez ces espèces aux stations 1 et 3. Ces cohortes, plus ou moins définies dans certains cas, présentent toutes des recouvrements entre elles. Les pics d'abondance

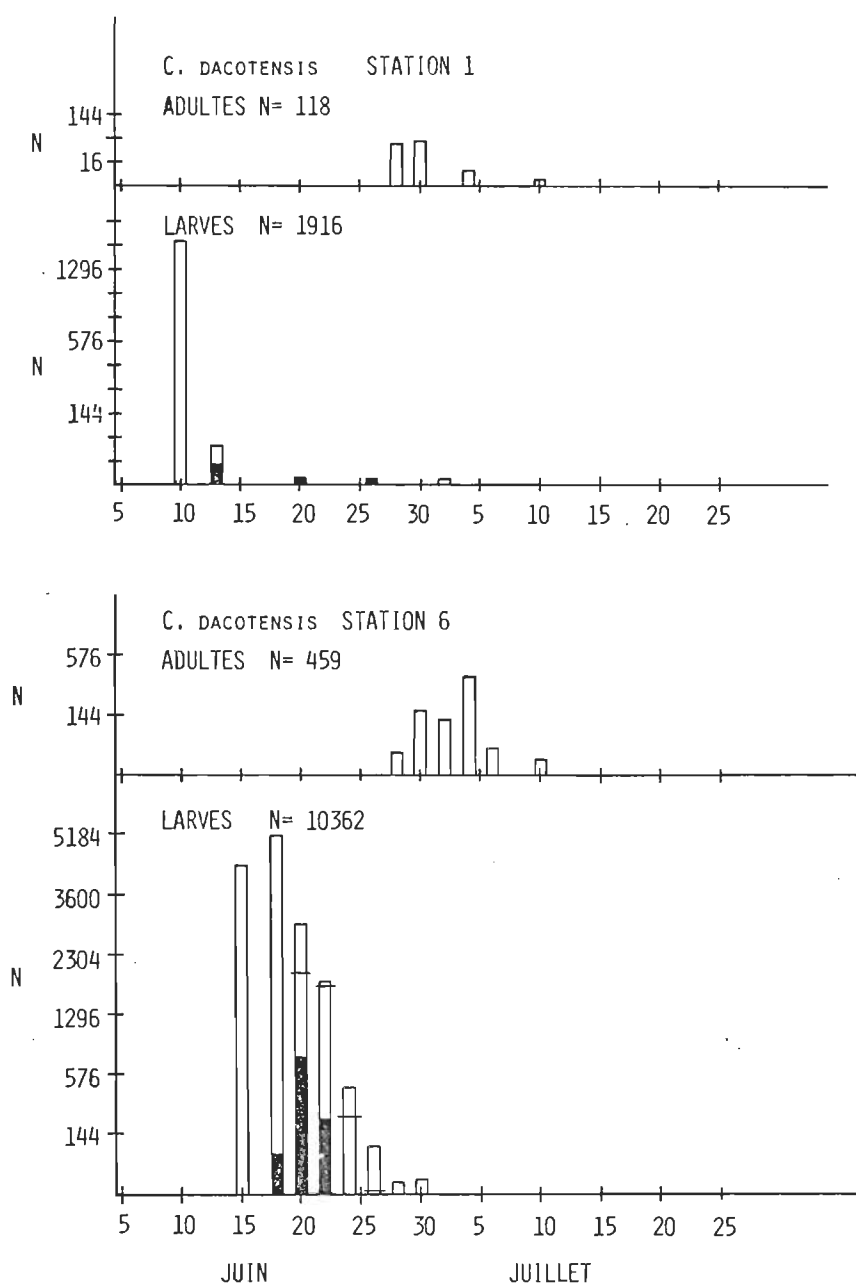


Figure 4: Densité larvaire et émergence de Cnephia dacotensis aux stations 1 et 6.

La trame noire représente la proportion de larves parasitées et la fraction délimitée par les traits horizontaux les larves de derniers stades.

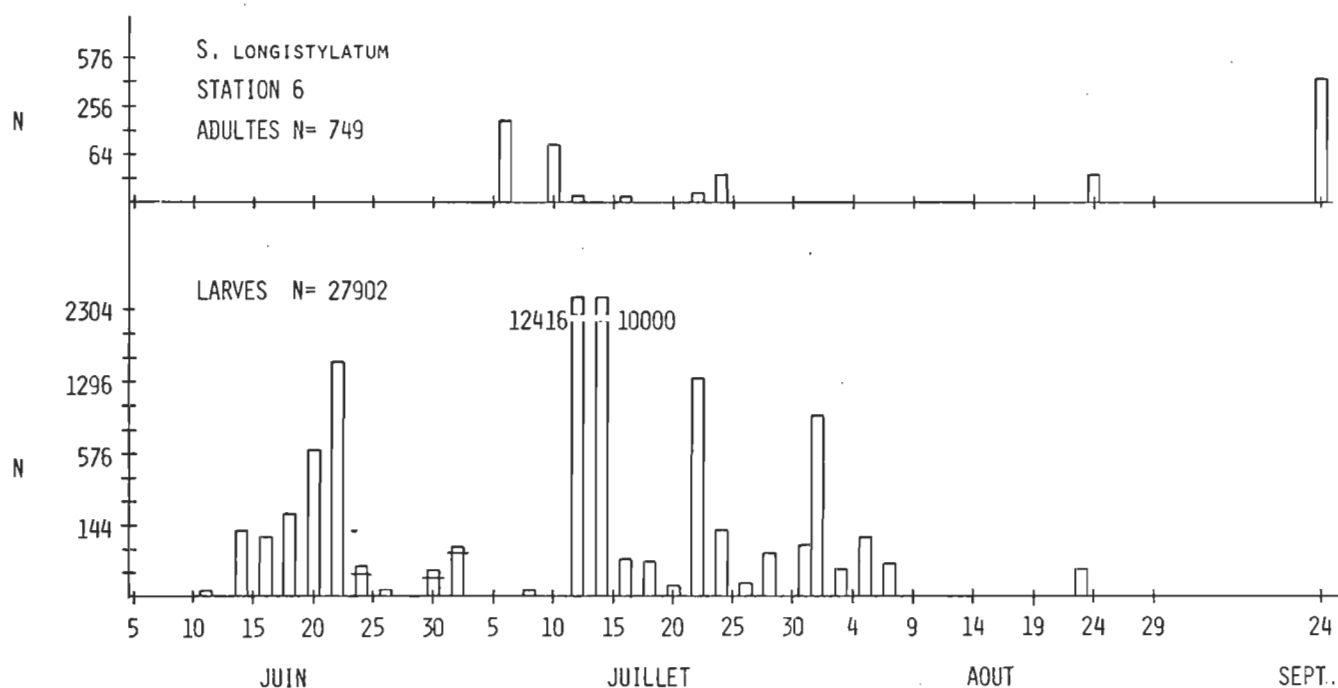


Figure 5: Densité larvaire et émergence de Simulium longistylatum à la station 6.

La trame noire représente la proportion de larves parasitées et la fraction délimitée par les traits horizontaux les larves de derniers stades.

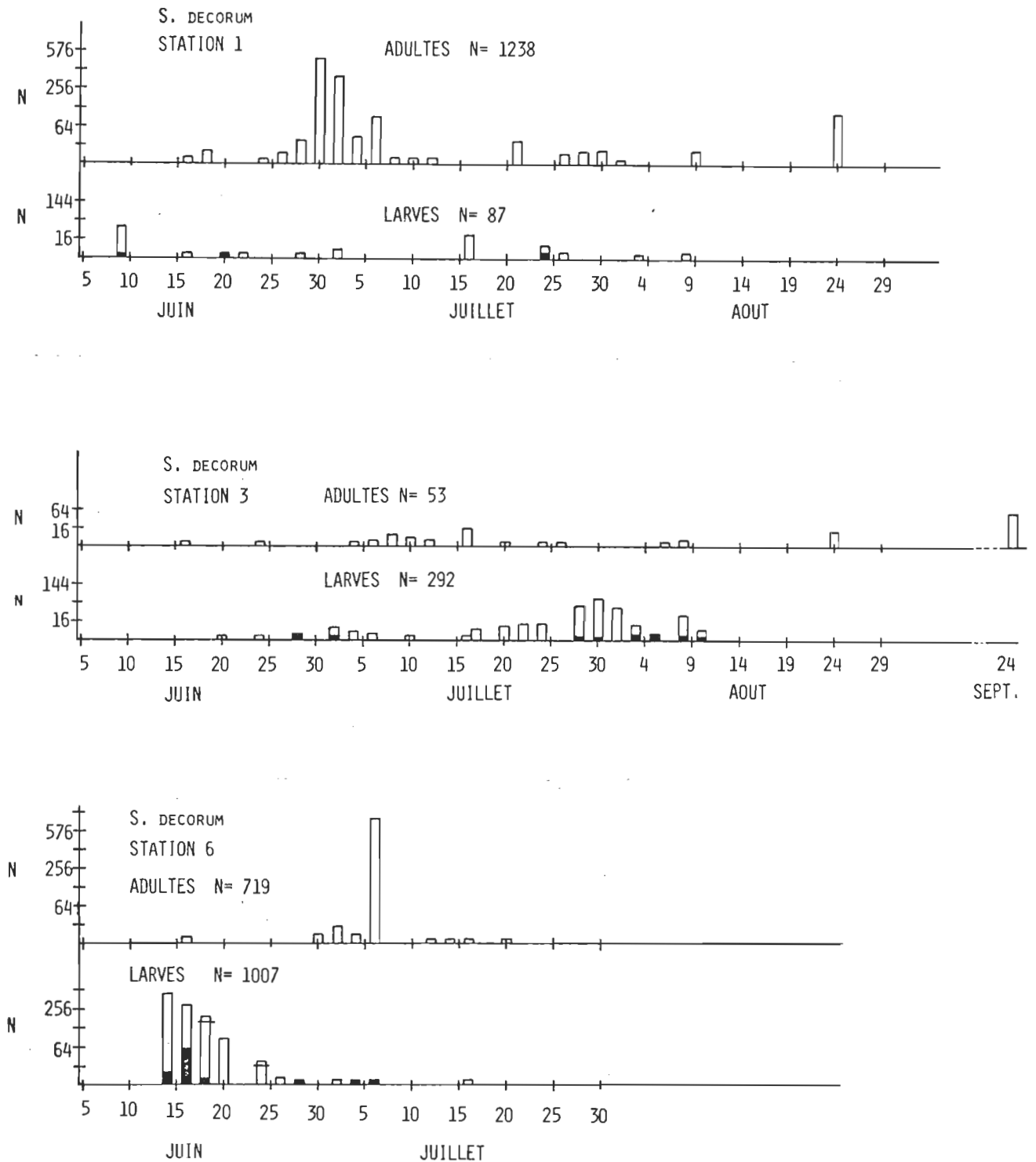


Figure 6: Densité larvaire et émergence de Simulium decorum aux station 1, 3 et 6.

La trame noire représente la proportion de larves parasitées et la fraction délimitée par les traits horizontaux les larves de derniers stades.

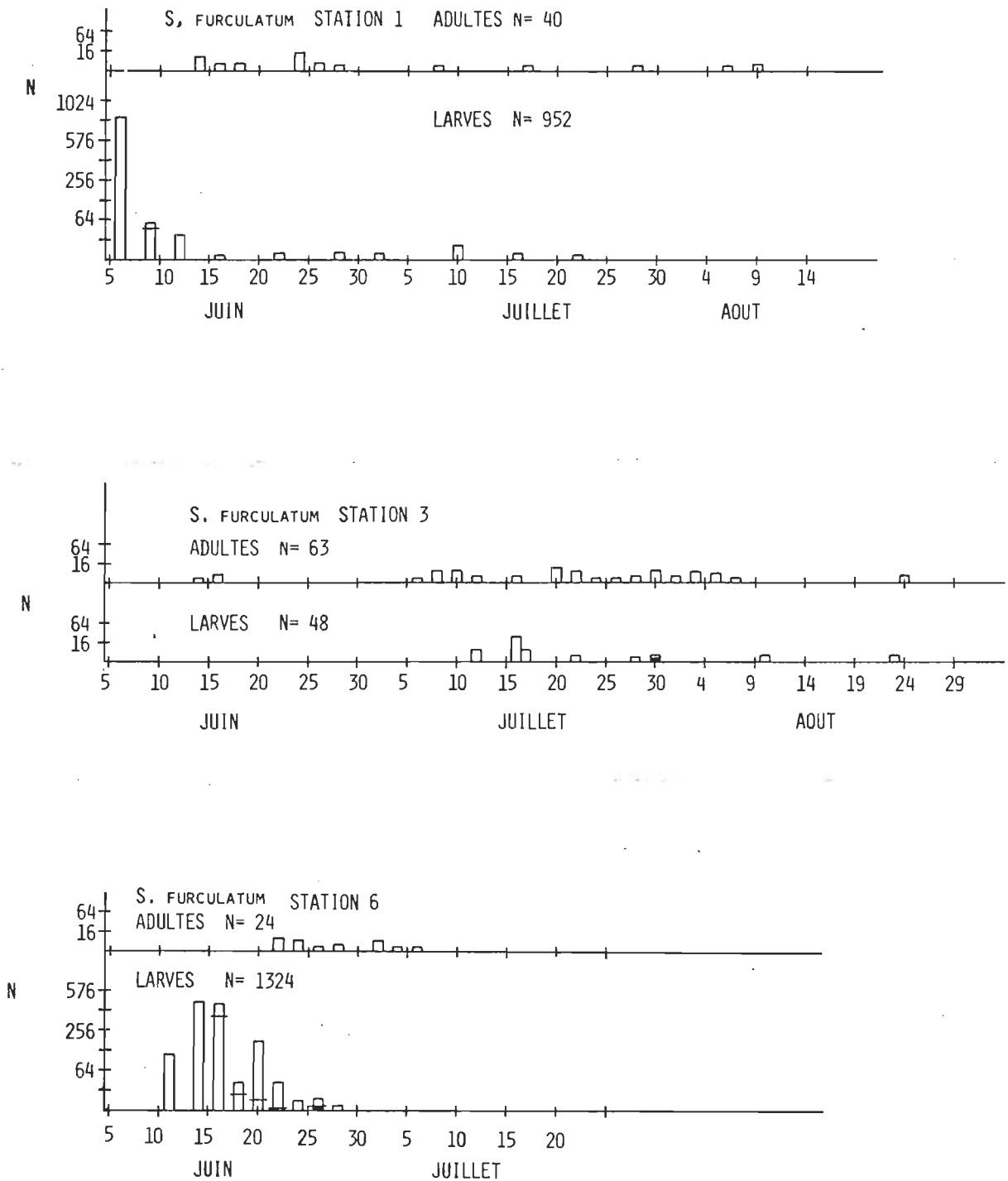


Figure 7: Densité larvaire et émergence de Simulium furculatum aux stations 1, 3 et 6.

La trame noire représente la proportion de larves parasitées et la fraction délimitée par les traits horizontaux les larves de derniers stades.

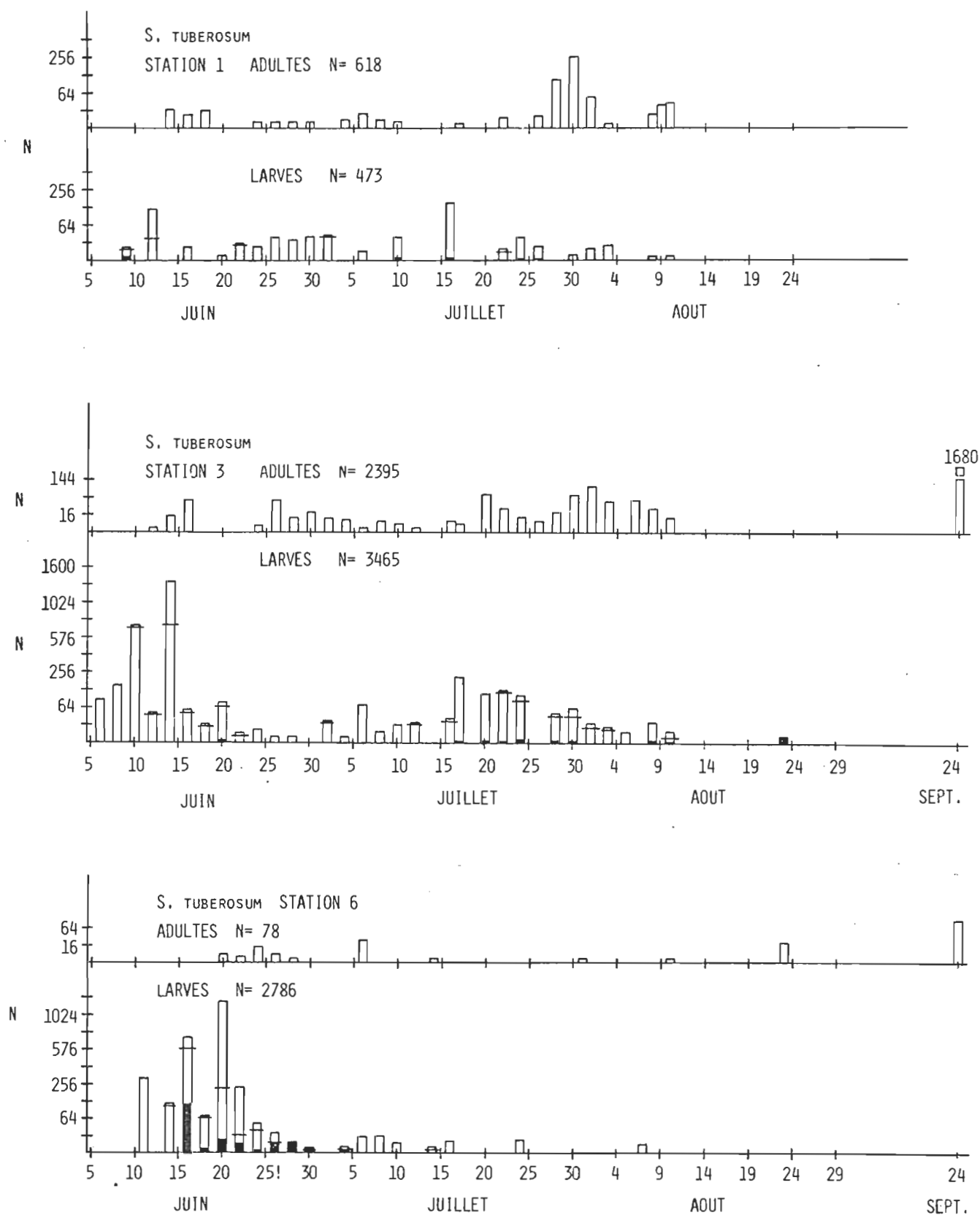


Figure 8: Densité larvaire et émergence de *Simulium tuberosum* aux stations 1, 3 et 6.

La trame noire représente la proportion de larves parasitées et la fraction délimitée par les traits horizontaux les larves de derniers stades.

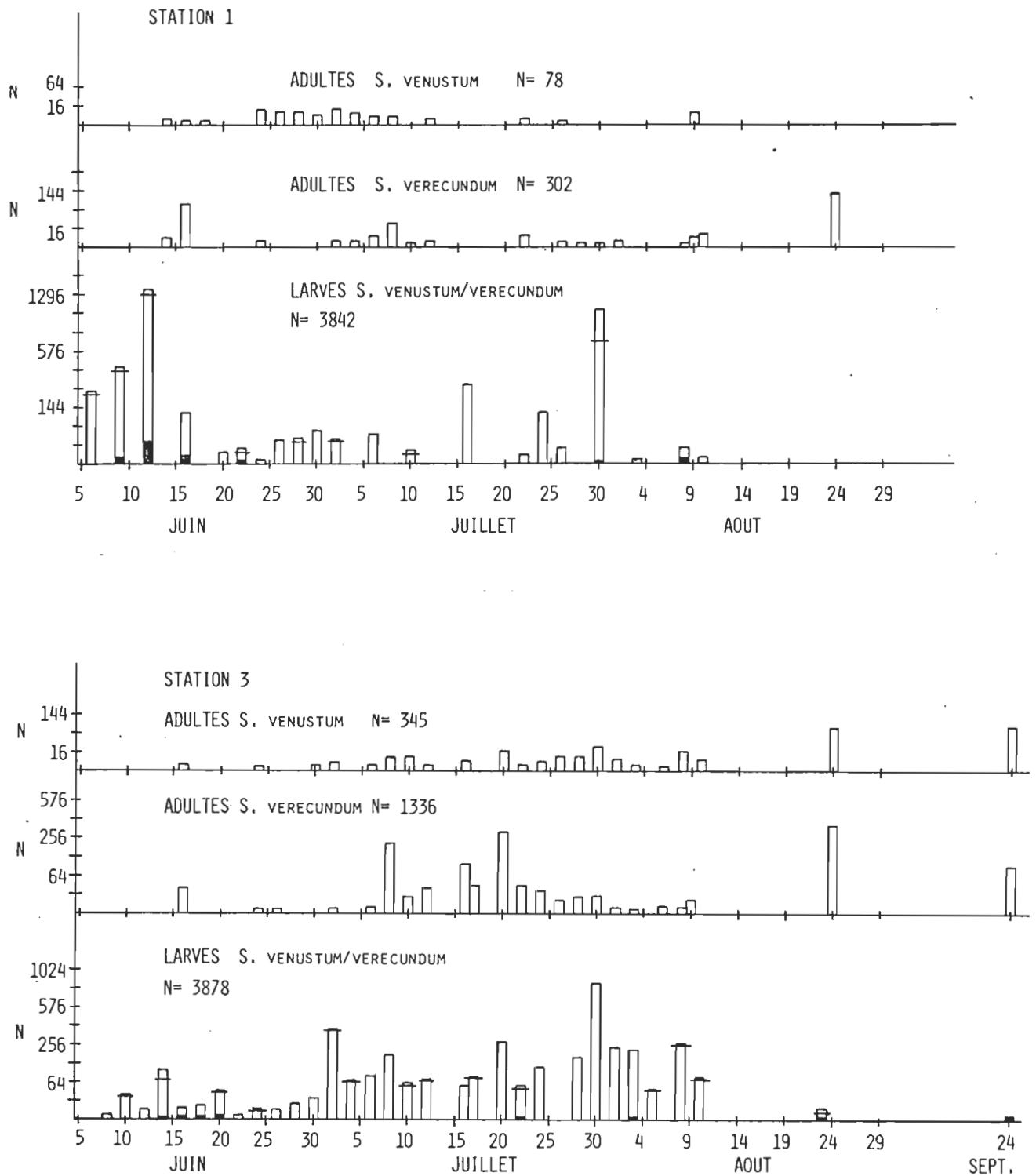


Figure 9: Densité larvaire et émergence de *Simulium venustum* et *S. verecundum* aux stations 1, 3 et 6.

La trame noire représente la proportion de larves parasitées et la fraction délimitée par les traits horizontaux les larves de derniers stades.

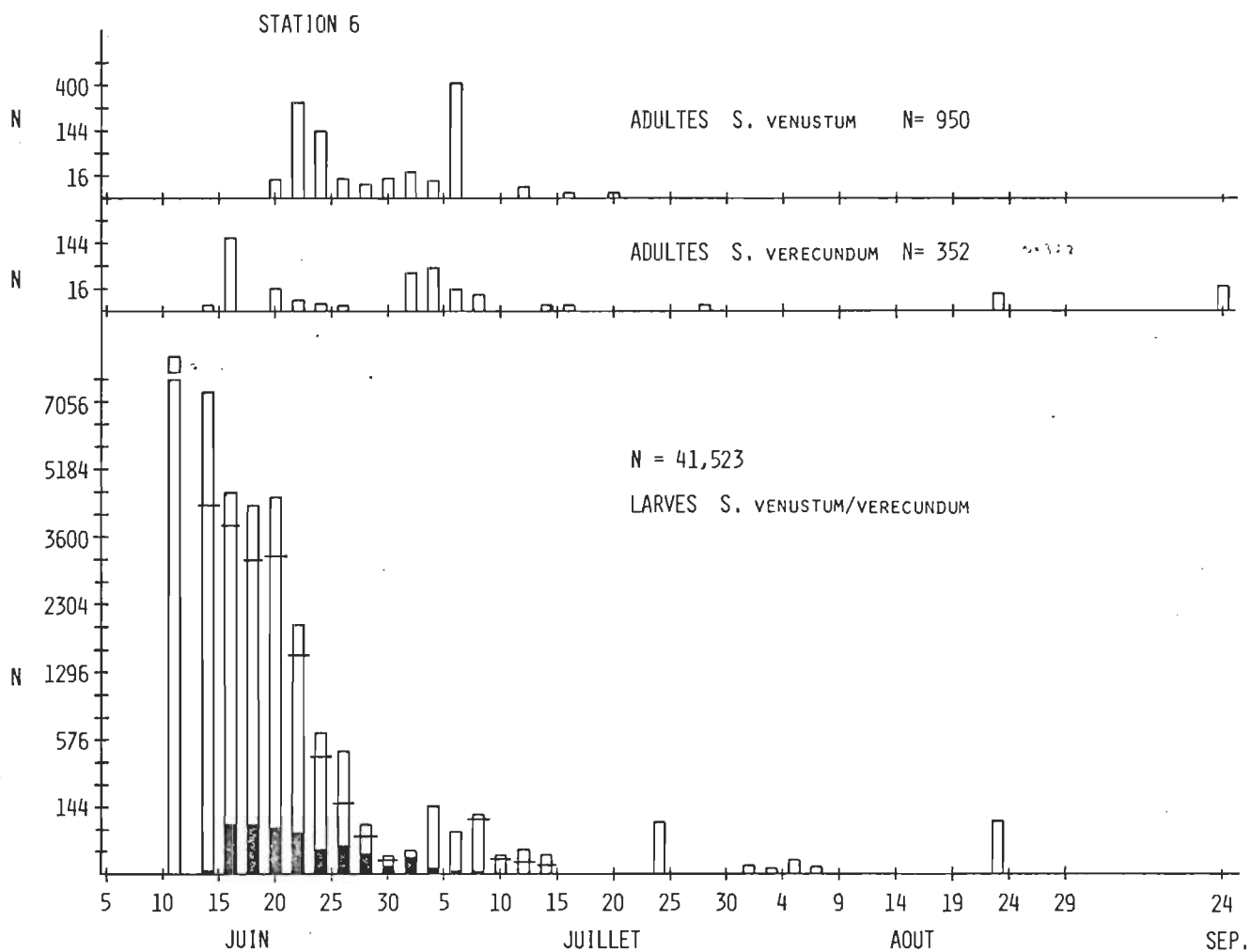


Figure 9 (suite).

les plus importants s'observent généralement vers la mi-juin et la fin juillet. L'irrégularité des densités larvaires obscurcit les liens avec l'émergence des adultes; on observe cependant une différence d'environ deux à trois semaines entre les pics d'abondance des larves et les pics d'émergence des adultes correspondants. A quelques reprises et de façon plus marquée à la station 1, on constate la présence de larves à maturité dès les premiers prélèvements indiquant que dans ces cas le développement des larves a commencé avant la période des prélèvements.

A la station 6 on remarque une absence quasi-totale de la deuxième cohorte de ces espèces. Parallèlement à la diminution de la densité larvaire de la première cohorte de toutes ces espèces on note une augmentation des larves de la première cohorte de S. longistylatum dont le développement est plus tardif que chez ces espèces. La deuxième cohorte de S. longistylatum, plus importante que la première, occupe pratiquement à elle seule le gîte de la station 6.

Les observations complémentaires à l'émergence seront traitées plus en détail dans la section 5.4. Les observations présentées ici correspondent à celles publiées par Wolfe et Peterson (1959) pour les mêmes espèces présentes à Baie Comeau. Le développement de ces espèces est retardé d'environ deux semaines par rapport aux mêmes espèces présentes au Manitoba (Abdelnur, 1969) et elles apparaissent environ un mois plus tôt dans l'état de New-York (Pinkovsky, 1970). Le réchauffement printanier très rapide et plus tardif dans cette région est sans doute responsable de ces différences.

5.3.2 Variations de la densité larvaire.

On a pu dénombrer jusqu'à plus de 20,000 larves par 500 cm²; cet ordre de grandeur est comparable aux densités larvaires observées par d'autres auteurs et considérées comme importantes (Sommerman et al., 1955; Reisen, 1974; Wotton, 1976; et Colbo, 1979).

Les larves les plus densément représentées sont Cnephia dacotensis (12.3%), Simulium longistylatum (27.9%) et S. venustum/verecundum (49.3%). Dans le cas des deux premières espèces ce phénomène s'explique par un comportement d'aggrégation des larves; en effet celles-ci s'observent dans le milieu sous forme de groupes denses et compactes.

Plusieurs auteurs font mention de l'importance de S. venustum par rapport aux autres espèces dans certaines régions de l'Amérique du Nord. Twinn (1936) aurait même dénombré jusqu'à 57,500 larves par 500 cm² dans la région de Hull (Québec). Lewis et Bennett (1974) rapportent que les larves de S. venustum surpassent les autres espèces en juin et juillet à Terre-Neuve. Dans la région du Parc Algonquin (Ontario), cette espèce constituerait 72% des effectifs de Simulies (Davies, 1950). Wolfe et Peterson (1959) obtiennent de 75% à 80% pour la région de Baie Comeau (Québec).

Nous avons vu plus avant que S. venustum faisait partie d'un complexe de plusieurs espèces jumelles (Rothfels, 1978) et qu'elle était pratiquement indiscernable de S. verecundum. Cette difficulté taxonomique est probablement responsable d'une surestimation de l'abondance de cette espèce. En effet les proportions d'adultes que nous avons obtenues pour l'ensemble des stations démontrent la présence de deux fois plus de S. verecundum que de S. venustum.

Les prélèvements de larves représentés sur les figures 4 à 9 révèlent à quelques reprises des variations importantes de la densité des larves colonisatrices sur de courtes périodes de temps (par exemple: S. venustum/verecundum, station 1 du 15 juillet au 4 août; S. tuberosum, stations 3 et 6 du 5 au 25 juin; S. longistylatum, station 6 du 15 juillet au 9 août). Puisque le temps d'immersion moyen des substrats artificiels a été régulièrement de 5 ou 6 jours, un seul des facteurs énumérés ci-dessous ou une synergie de ceux-ci peut être responsable des variations brusques de la densité larvaire:

1. Des migrations massives de populations larvaires peuvent être causées par des changements dans les conditions bio-physiques des micro-habitats larvaires: changement de vitesse du courant, assèchement, algues filamenteuses, etc. (Colbo, 1979).
2. Le synchronisme et la vitesse de développement des larves poussent parfois les larves d'un stade déterminé à rechercher des sites où elles retrouvent des conditions favorables à leur croissance. Les larves à maturité ont tendance à adopter des répartitions différentes à la nymphose, se déplaçant vers des sites plus abrités et moins exposés au courant (Wolfe et Peterson, 1959; et Colbo, 1979).
3. L'éclosion simultanée de masses d'oeufs peut amener des quantités considérables de jeunes larves à envahir les substrats artificiels dans un court laps de temps (Abdelnur, 1969). Nous avons observé ce phénomène chez les larves de S. longistylatum.
4. La prédation et des comportements grégaires peuvent aussi forcer un

grand nombre de larves à migrer simultanément (Carlsson et al., 1977)

5. Les crues importantes provoquent aussi des déplacements vers des zones abritées. Des quantités considérables de larves peuvent dériver sous l'action de plusieurs facteurs provoqués par les crues: turbulence du courant, turbidité accrue, lessivage, etc. Les fortes précipitations survenues le 18 juin et les 18 et 20 juillet résultent dans les 48 heures subséquentes en une augmentation brusque du niveau et du débit des ruisseaux (fig. 2). Des diminutions marquées de la densité larvaire sont observables chez S. tuberosum et S. venustum/verecundum (fig.8-9). Plusieurs auteurs ont constaté l'influence des crues sur les populations larvaires (Ross et Merritt, 1978; Zahar, 1951; Yakuba, 1959; Carlsson, 1967; et Lewis et Bennett, 1974). Neveu (1974) a proposé une explication du mécanisme d'actions des crues subites.

5.3.3 Incidence du parasitisme larvaire.

Nous avons observé deux formes de parasitisme chez les larves; la plus importante est celle due aux nématodes (Mermithidae) et la seconde à des protozoaires parasites (microsporidies). Les mermithides passent par trois phases de développement à l'intérieur de l'hôte, appelées dans l'ordre: pré-parasite, parasite et post-parasite. Les mermithides sont visibles à travers la cuticule; ils se présentent enroulés sur eux-mêmes dans la cavité abdominale à la base des glandes salivaires (fig.10). Ils ne s'étendent que rarement jusqu'à la région thoracique. Nous avons observé à quelques reprises des larves contenant plus d'un nématode; l'évaluation exacte de ce phénomène aurait nécessité la dissection de chacune des larves parasitées. Nous n'avons observé qu'une seule larve contenant à la fois un nématode et



Figure 10: Larves de Simulies parasitées par un mermithide (nématode).

des microsporidies.

Deux formes de microsporidies ont été discernées, soit plusieurs petits glomérules blanchâtres ou quelques amas de plus grande taille (fig. 11). Le niveau d'infestation par ces protozoaires varie d'une larve à l'autre, et ils envahissent souvent toute la cavité coelomique des larves, parfois jusque sous la capsule céphalique. Les deux types de parasites, nématodes et microsporidies, empêchent le développement des bourgeons thoraciques. La plupart des larves parasitées deviennent difformes et décolorées; de plus leur taille excède quelquefois celle des larves saines à maturité. Plusieurs auteurs rapportent aussi ces manifestations (Phelps et Defoliart, 1964; Ezenwa, 1974; et Molloy, 1979).

L'incidence du parasitisme varie entre les stations et selon les espèces (fig. 4 à 9). Les plus fortes proportions de larves parasitées ont été retrouvées à la station 6 chez toutes les larves de *Simulies* sauf pour *Simulium longistylatum*. Les deux types de parasites n'ont été observés qu'à partir des troisième et quatrième stades larvaires. Les espèces de la station 6 les plus affectées ont été dans l'ordre: *Simulium decorum* (19.4%), *Cnephia dacotensis* (17.6%), *S. tuberosum* (15.9%) et *S. venustum/verecundum* (6.9%). Les pourcentages entre parenthèses représentent la proportion de larves parasitées par rapport aux effectifs de chaque espèce. La plus forte concentration de parasites a été retrouvée dans un prélèvement de larves de *C. dacotensis* où 50% des 2,080 larves de cette espèce contenait des mermithides.

L'incidence des nématodes est plus importante que celle des protozoaires; de plus ces derniers apparaissent toujours après l'infestation par les nématodes. Chez *S. venustum/verecundum*, 74.1% des larves parasitées



Figure 11: Larves de similies parasitées par deux formes de microsporidies (protozoaires).

TABLEAU III:

EVOLUTION DU TAUX DE PARASITISME DE CINQ ESPECES DE LA STATION 6

| Espèce | Date | Nombre de larves | Pourcentage de parasitisme | | |
|-------------------------------|-------|------------------------|----------------------------|----------------|-------|
| | | | Mermithides | Microsporidies | Total |
| <i>S. venustum/verecundum</i> | 14 VI | 12216 | 0.7 | | 0.7 |
| | 16 " | 7344 | 8.9 | 4.3 | 13.2 |
| | 18 " | 4608 | 11.2 | 1.9 | 13.1 |
| | 20 " | 4480 | 9.3 | 2.9 | 12.2 |
| | 22 " | 1792 | 14.3 | 3.6 | 17.9 |
| | 24 " | 640 | 14.4 | 1.9 | 16.3 |
| | 26 " | 486 | 11.1 | 12.8 | 23.9 |
| | 28 " | 75 | | 42.7 | 42.7 |
| | 30 " | 12 | 8.3* | 25.0 | 33.3 |
| | 2 VII | 17 | | 82.4 | 82.4 |
| | 4 " | 149 | | 9.4 | 9.4 |
| | 6 " | 61 | | 4.9 | 4.9 |
| | 8 " | 110 | | 0.9 | 0.9 |
| <i>S. tuberosum</i> | 16 VI | 704 | 40.9 | | 40.9 |
| | 18 " | 69 | 10.0 | | 10.0 |
| | 20 " | 1216 | 5.3 | 2.6 | 7.9 |
| | 22 " | 224 | 14.3 | | 14.3 |
| | 24 " | 48 | 8.3 | | 8.3 |
| | 26 " | 20 | 45.0 | 5.0 | 50.0 |
| | 28 " | 5 | | 100.0 | 100.0 |
| | 30 " | 3 | | 33.3 | 33.3 |
| | 2 VII | 0 | | | 0 |
| | 4 " | 3 | | 33.3 | 33.3 |

* Contient à la fois les deux formes de parasite

TABLEAU III

(suite)

| Espèce | Date | Nombre de larves | Pourcentage de parasitisme | | |
|----------------------|-------|------------------------|----------------------------|----------------|-------|
| | | | Mermithides | Microsporidies | Total |
| <i>C. dacotensis</i> | 14 VI | 3600 | 10.7 | | 10.7 |
| | 16 " | 2080 | 50.0 | | 50.0 |
| | 18 " | 1280 | 28.8 | 1.3 | 30.1 |
| | 20 " | 320 | | | 0 |
| <i>S. decorum</i> | 14 VI | 384 | 12.5 | | 12.5 |
| | 16 " | 288 | 40.4 | | 40.4 |
| | 18 " | 208 | 7.7 | | 7.7 |
| | 20 " | 96 | | | 0 |
| | 22 " | 0 | | | 0 |
| | 24 " | 24 | | | 0 |
| | 26 " | 2 | | | 0 |
| | 28 " | 1 | | 100.0 | 100.0 |
| | 30 " | 0 | | | 0 |
| | 2 VII | 1 | | 100.0 | 100.0 |
| | 4 " | 1 | | | 0 |
| | 6 " | 1 | | 100.0 | 100.0 |

le sont par des mermithides et 25.9% par des microsporidies, chez S. tuberosum les proportions sont respectivement de 91% et 9%, et chez S. decorum et C. dacotensis de 99% et 1%. Le tableau 3 présente l'évolution du taux de parasitisme chez cinq espèces prélevées à la station 6.

L'incapacité d'une forte proportion de larves parasitées à atteindre le stade nymphal serait responsable de l'augmentation du taux de parasitisme observée en fin de croissance des cohortes. Phelps et Defoliart (1964) soutiennent qu'aucune larve où il est possible d'observer la présence d'un nématode sans dissection ne parviendra au stade nymphal. De plus ces larves ont une nutrition diminuée et une croissance ralentie par rapport aux larves saines (Wotton, 1978; et Welch, 1965). Les larves dont le parasitisme est observable demeurent moribondes dans le milieu et finissent par périr. Les mermithides au stade de post-parasite entraîneraient la mort de l'hôte par perforation de la cuticule au sortir de la larve (Gordon et al., 1973).

L'écart des taux de parasitisme observé entre les espèces de *Simulies* de la station 6 suggère que certaines espèces peuvent être plus susceptibles aux parasites (tableau III). Inversement, différents mermithides peuvent avoir une spécificité plus grande pour une ou plusieurs espèces de *Simulies*, ce qui sous-entend la présence de plus d'une espèce de mermithide à cette station (Phelps et Defoliart, 1964; Colbo et al., 1980). Les différences notables de l'incidence des parasites entre des ruisseaux à proximité l'un de l'autre, s'expliqueraient par le faible taux de propagation des imagos de *Simulies*; les chances de survie des larves parasitées étant plutôt faibles (Gordon et al., 1973).

Les *Simulies* parasitées de cette région correspondent à celles mentionnées par plusieurs auteurs pour l'est de l'Amérique du Nord (Ezenwa, 1974; Molloy, 1979; Wolfe et Peterson, 1979; Colbo et al., 1980). Les taux de parasitisme importants à la station 6 contribuent sans doute à contrôler les fortes densités larvaires de ce gîte. Phelps et Defoliart (1964) considèrent le parasitisme par les nématodes comme un facteur limitant les populations de *S. vittatum* au Wisconsin.

5.4 Succession saisonnière et période de vol.

L'émergence de quelques espèces présentée brièvement à la section précédente sera considérée ici pour plusieurs espèces et aux six stations de prélèvement. La figure 12 présente les quinze espèces dont on a pu suivre l'évolution au cours de l'été 1976, à partir des données cumulées des six stations. Il est important de mentionner que les cages d'émergence n'ont été installées que le 8 juin; il se peut donc que quelques émergences aient eu lieu avant cette date. Les deux derniers relevés du 24 août et du 24 septembre nous indiquent quelles sont les espèces ayant émergé entre le 11 et le 24 août, et entre le 24 août et le 23 septembre. C'est pourquoi nous référons à ces périodes comme "mi-août" et "mi-septembre".

On peut donc décrire ainsi l'apparition successive des espèces et leur période de vol en cinq groupes:

- 1) *Simulium vittatum* (du 10 juin au à la mi-août) et *S. furculatum* (du 12 juin à la mi-septembre). Ce sont des espèces polyvoltines à émergence printanière précoce (Davies et al., 1962). *S. vittatum* a présenté deux générations au moins en 1976, la première autour du 14 juin et la seconde près du 20 juillet. Pour *S. furculatum* le pic de la première généra-

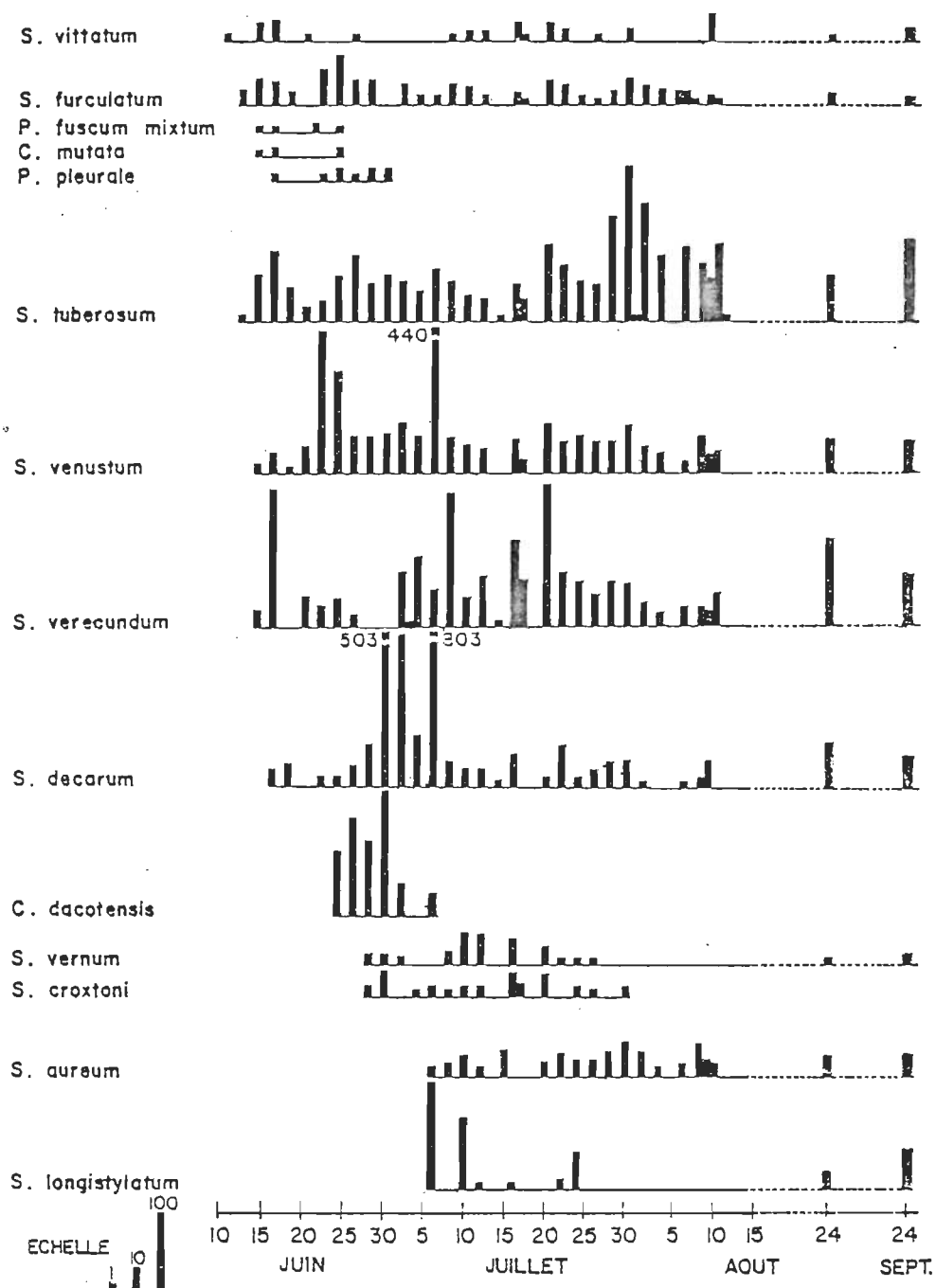


Figure 12: Emergence de quinze espèces de Simuliidae récoltées aux six stations de prélèvement au cours de 1976 à LG-2 - Radisson. Les deux derniers relevés, 24 août et 24 septembre, représentent la moyenne des émergences pour 9 et 30 jours respectivement.

tion a eu lieu aux alentours du 20 juin et celui de la deuxième génération autour du 30 juillet. Les récoltes du 23 septembre indiquent la possibilité d'une troisième émergence, quoique de moindre importance, à la fin de l'été. Ces deux espèces ont été les premières à être capturées dans les cages d'émergence. Cette observation est en accord avec les résultats de Twinn et al. (1948) qui citent S. vittatum comme première espèce à émerger à Churchill au Manitoba et ceux de Wolfe et Peterson (1959) qui rapportent que S. furculatum est l'espèce la plus précoce à Baie Comeau, sur la Côte Nord (Québec). Dans le cas de S. vittatum ceci s'explique par un développement larvaire hivernal (Davies et al., 1962; Abdelnur, 1968; Back et Harper, 1979).

2) Prosimulium fuscum/mixtum (du 14 au 24 juin), Cnephia mutata (du 14 au 24 juin) et Prosimulium pleurale (du 16 au 30 juin). Ces espèces univoltines ont un développement larvaire hivernal. P. fuscum/mixtum et Stegopterna mutata ne semblent pas avoir l'importance qu'on leur connaît dans le sud du Québec où elles sont aussi plus précoces (Back et Harper, 1979). Cette émergence relativement tardive est probablement causée par un hiver plus rigoureux à cette latitude. Cependant, la capture au filet entomologique de P. fuscum/mixtum avant le 6 juin indique que dans certains ruisseaux le réchauffement printanier de l'eau et l'émergence de ces espèces ont pu être plus hâtifs. Le peu d'individus récoltés s'explique aussi par le fait que le développement larvaire de ces espèces s'amorce à l'automne précédent. Au cours de l'hiver les larves se répartissent sur toute la longueur du ruisseau (Colbo, 1979; Back et Harper, 1979) de sorte qu'à l'émergence, les nymphes ne sont pas densément regroupées.

3) Simulium venustum et S. verecundum (du 14 juin à la mi-septembre),
S. tuberosum (du 12 juin à la mi-septembre) et S. decorum (du 16 juin à la mi-septembre). Ces espèces présentent toutes un polyvoltinisme marqué et un développement larvaire printanier et estival. On peut observer à partir des données d'émergence qu'il y a eu un minimum de trois générations par année. Cependant les caractéristiques intrinsèques de différents types de ruisseaux peuvent influencer le nombre de générations d'une station à l'autre, des causes comme l'assèchement temporaire ou l'envahissement de certaines sections de ruisseaux par des algues risquent d'empêcher le développement de certaines générations (Carlsson, 1967). La compétition interspécifique peut aussi intervenir dans le nombre de générations annuelles (Colbo, 1979). Sommerman et al. (1955) décrivent ainsi une des possibilités de variation du nombre de générations et du recouvrement entre chacune d'elles: "..., individuals may have been able to pass through several generations under optimal conditions before the end of the season, but not the species populations as a whole." Wolfe et Peterson (1959) précisent que chez ces espèces, les générations succédant à la première présentent toujours un fort recouvrement entre elles.

Les pics d'émergence de ces espèces sont approximativement les suivants: pour S. venustum, le 28 juin et le 26 juillet; pour S. verecundum, le 18 juin et le 14 juillet; pour S. tuberosum, le 22 juin et le 28 juillet; et pour S. decorum, le 1er juillet et le 30 juillet. Ces espèces ont toutes eu une troisième génération vers la mi-septembre, cette dernière génération étant toutefois plus marquée chez S. tuberosum et S. verecundum. Ce groupe d'espèces est aussi le plus important à cause du nombre et de l'effectif des générations. Ces remarques sur S. tuberosum et S. verecundum ont aussi

été rapportées par Wolfe et Peterson (1959).

- 4) Cnephia dacotensis (du 24 juin au 6 juillet). Cette espèce présente la particularité d'être univoltine mais avec un développement larvaire printanier. Chez cette espèce la période d'émergence est courte, synchronisée et intense, ne s'étendant que sur treize jours.
- 5) Simulium vernalis (du 28 juin à la mi-septembre), S. croxtoni (du 28 juin au 30 juillet), S. aureum (du 6 juillet à la mi-septembre) et S. longistylatum (du 6 juillet à la mi-septembre). Ces espèces ont toutes une émergence plus tardive que les autres. Elles présentent aussi un polyvoltinisme moins marqué que les espèces du groupe 3, n'ayant au plus que deux générations par année. S. longistylatum diffère cependant des autres espèces de ce groupe par l'abondance des individus à l'émergence et par la synchronisation de chaque génération et l'importance de la dernière génération.

5.5 Nuisance due aux Simuliidae.

Nous entendons par nuisance le désagrément dû aussi bien à la présence des mouches autour de la tête, rendant parfois la respiration et la vision difficiles, qu'aux piqûres proprement dites. La technique de capture visait à donner un aperçu objectif des espèces attirées par l'homme et des variations de leur abondance au cours de la saison estivale.

La figure 13 représente les résultats de l'étude de nuisance: liste des espèces capturées au filet entomologique, nombre total des captures (N); pourcentage relatif des espèces (%) et dates extrêmes de capture. Les périodes actives de nuisance sont indiquées sur un histogramme chronologique,

représentant le nombre de mouches par capture. Les captures de jour étaient faites aux stations 3 et 6 et les capture de soir aux stations 7 et 8.

L'examen de la figure 13 met en évidence Simulium venustum qui compose 76.5% des captures. Il est intéressant de comparer ce pourcentage à celui de 12.8% des Simulies provenant des cages d'émergence. Ce phénomène démontre la nette attirance de cette espèce vis-à-vis l'homme, et son importance comme principale cause de nuisance.

Les trois autres espèces dont la présence est significative, à cause de leur nombre et de leur propension à piquer l'homme sont: Simulium verecundum (4.8%), S. decorum (4.4%) et P. fuscum/mixtum (4.6%). Alors que S. verecundum et S. decorum occupent à eux deux 9.2% de la nuisance, ils représentent plus de 40% de l'effectif des cages d'émergence. Les deux espèces suivantes, S. tuberosum (3.9%) et S. longistylatum (3.4%), bien qu'attirées par l'homme, ne sont pas reconnues comme des espèces très piqueuses (Wolfe et Peterson, 1959; Davies et al., 1962), et ont de ce point de vue une importance moindre. Les autres espèces, qui ne comptent que pour 2.8% des captures, sont toutes des espèces préférant d'autres mammifères que l'homme (Stegopterna mutata, Simulium vittatum), des espèces ornithophiles (Simulium vernum, S. croxtoni), ou incapables de piquer mais présentes près de l'opérateur (Cnephia dacotensis).

Selon les résultats obtenus, la nuisance la plus importante revient nécessairement à Simulium venustum (76.5%). Cette espèce infligerait vraisemblablement plus de 90% des piqûres (Davies et Peterson, 1956). Elle est aussi considérée comme la cause principale de la nuisance due aux Simulies dans les forêts du nord-est américain (Abdelnur, 1968; Hocking et Richards, 1952; Twinn, 1936; Wolfe et Peterson, 1959).

| | N | (%) | |
|------------------|------|--------|-------|
| P. PLEURALE | 46 | (0.6) | _____ |
| C. MUTATA | 13 | (0.2) | _____ |
| P. FUSCUM MIXTUM | 308 | (4.2) | _____ |
| S. VITTATUM | 34 | (0.5) | _____ |
| S. VENUSTUM | 5586 | (76.5) | _____ |
| S. VERECUNDUM | 348 | (4.8) | _____ |
| S. TUBEROSUM | 281 | (3.9) | _____ |
| S. FURCULATUM | 10 | (0.1) | _____ |
| S. DECORUM | 324 | (4.4) | _____ |
| C. DACOTENSIS | 10 | (0.1) | _____ |
| S. VERNUM | 10 | (0.1) | _____ |
| S. AUREUM | 8 | (0.1) | _____ |
| S. CORBIS | 60 | (0.8) | _____ |
| S. QUEBECENSE | 6 | (0.1) | _____ |
| S. LONGISTYLATUM | 249 | (3.4) | _____ |
| S. CROXTONI | 1 | (0.1) | _____ |
| S. RUGGLES | 1 | (0.1) | _____ |
| S. ANATINUM | 3 | (0.1) | _____ |

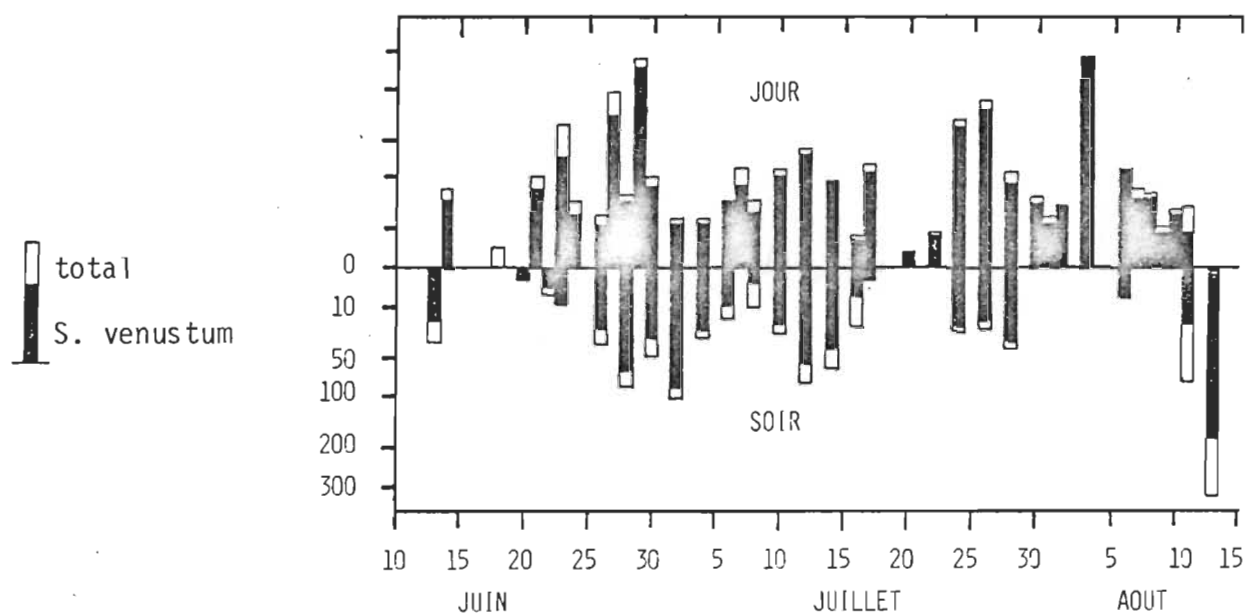


Figure 13: Nombre et pourcentage relatifs de l'effectif total des captures au filet entomologique - périodes actives de la nuisance.

La nuisance observée à LG-2 - Radisson est forte et constante (fig. 13). On distingue sur l'histogramme l'abondance de Simulium venustum tout au long de la saison d'étude jusqu'à mi-août. Nous avons recueilli jusqu'à 458 femelles de Simulies, dont 428 S. venustum, en cinq minutes de collecte au filet entomologique. Les seules conditions climatiques ayant eu un effet sensible à court terme sont les fortes précipitations du 18 juin et du 16 au 23 juillet et les périodes de vent intense. La différence très faible entre les effectifs de jours (54.7%) et de soir (45.3%) pour les mêmes journées de prélèvement est probablement due au fait que le soir (vers 20:30 h), l'ensoleillement dans ces régions est encore important et que le vent a généralement tendance à diminuer.

Les facteurs impliqués dans le comportement piqueur des Simulies tels que l'intensité de la lumière, la pression atmosphérique, etc. (Golini, 1970) ne permettent pas de déterminer les causes des variations de nuisance observées d'un prélèvement à l'autre. Nous pouvons cependant affirmer que la constance de la nuisance tout au long de la saison est due à certaines caractéristiques de S. venustum: une grande propension à piquer l'homme, un cycle polyvoltin important, une longévité de deux à trois semaines chez l'adulte et une grande capacité de dispersion autour du lieu d'émergence (Davies et al., 1962; Baldwin et al., 1975).

5.6 Comparaison des résultats obtenus.

Afin de comparer l'abondance relative des différentes espèces récoltées au cours de la saison d'étude par les trois techniques de capture, nous présentons les effectifs totaux et les pourcentages relatifs de l'ensemble des espèces (tableau IV). Cependant les résultats provenant de l'utilisa-

TABLEAU IV
EFFECTIF TOTAL DES CAPTURES

| | LARVES SUBSTRATS ARTIFICIELS | | ADULTES CAGES D'EMERGENCE | | ADULTES FILET ENTOMOLOGIQUE | |
|---------------------------|------------------------------------|------|---------------------------------|------|-----------------------------------|------|
| | N | % | N | % | N | % |
| <i>P. pleurale</i> | | | 12 | 0.1 | 46 | 0.6 |
| <i>P. fuscum/mixtum</i> | | | 5 | <0.1 | 308 | 4.2 |
| <i>C. dacotensis</i> | 12 278 | 12.3 | 620 | 4.9 | 10 | 0.1 |
| <i>M. saileri</i> | 1 | <0.1 | | | | |
| <i>St. mutata</i> | | | 5 | <0.1 | 13 | 0.2 |
| <i>S. aestivum</i> | | | 1 | <0.1 | | |
| <i>S. anatinum</i> | | | 1 | <0.1 | 3 | <0.1 |
| <i>S. aureum</i> | 5 | <0.1 | 280 | 2.2 | 8 | 0.1 |
| <i>S. croxtoni</i> | 14 | <0.1 | 45 | 0.4 | 1 | <0.1 |
| <i>S. euryadminiculum</i> | | | 3 | <0.1 | | |
| <i>S. excisum</i> | | | 2 | <0.1 | | |
| <i>S. furculatum</i> | 2 324 | 2.3 | 203 | 1.6 | 10 | 0.1 |
| <i>S. quebecense</i> | | | 3 | <0.1 | 6 | 0.1 |
| <i>S. verum</i> | 8 | <0.1 | 81 | 0.7 | 10 | 0.1 |
| <i>S. rugglesi</i> | | | | | 1 | <0.1 |
| <i>S. longistylatum</i> | 27 902 | 27.9 | 749 | 6.0 | 249 | 3.4 |
| <i>S. vittatum</i> | 15 | <0.1 | 76 | 0.6 | 34 | 0.5 |
| <i>S. corbis</i> | | | | | 60 | 0.8 |
| <i>S. decorum</i> | 1 386 | 1.4 | 2 219 | 17.7 | 324 | 4.4 |
| <i>S. tuberosum</i> | 6 724 | 6.8 | 3 815 | 30.4 | 281 | 3.9 |
| <i>S. venustum</i> | 49 243 | 49.3 | 1 612 | 12.8 | 5 586 | 76.5 |
| <i>S. verecundum</i> | | | 2 835 | 22.6 | 348 | 4.8 |
| TOTAUX | 99 900 | 100 | 12 567 | 100 | 7 298 | 100 |

tion du filet entomologique pour évaluer les espèces responsables de la nuisance sont biaisés par la présence même de l'opérateur. Mentionnons que cette méthode a permis de recenser deux espèces absentes des captures provenant des autres pièges: Simulium rugglesi et S. corbis. Il est donc permis de croire que ces espèces proviennent de cours d'eau différents de ceux étudiés. Les proportions des espèces responsables de la nuisance ayant déjà été considérées dans la section 5.5 , nous ne comparerons ici que les prélèvements des deux autres techniques.

Il est important de rappeler que les substrats artificiels, à l'opposé des cages d'émergence, récoltent simultanément plusieurs stades larvaires en même temps alors que les cages ne capturent en ce sens que le stade imago.

Pour vérifier l'efficacité de capture des deux types de pièges (substrat artificiel et cage d'émergence), nous avons utilisé un tableau de contingence permettant de comparer entre elles chacune des proportions obtenues. Le résultat révèle une différence significative ($P \leq 0.05$) entre les proportions d'espèces de larves et d'adultes.

Diverses causes sont à l'origine de cette différence obtenue même si dans l'ensemble les espèces abondantes à l'état larvaire le sont aussi à l'état imago.

Ainsi le substrat artificiel est un moyen de capture dynamique et nécessite une colonisation active des larves, alors que les cages d'émergence ont en ce sens un mode d'action passif, capturant les adultes sans trop influencer les sites de nymphose. La nature même du substrat artificiel

peut être une des causes des variations observées. En effet le substrat artificiel doit satisfaire aux exigences de support de certaines espèces. C'est le cas pour Simulium aureum qui a été sous-évalué sur les substrats en regard des cages d'émergence. Cette espèce colonise de préférence les herbes et les brindilles qui se retrouvent dans les ruisseaux (Davies et al., 1962); or les substrats de fibre de verre utilisés n'offrent pas l'aspect recherché par cette espèce.

La compétition interspécifique (Colbo, 1979) liée aux types de distribution de certaines populations larvaires peut accentuer les différences obtenues. C'est le cas des espèces dont les larves forment des masses denses et compactes d'individus comme Simulium decorum S. longistylatum et Cnephia dacotensis. L'abondance des larves de ces espèces a sans doute été surévaluée par rapport à l'émergence des adultes de cette région. Il faut souligner aussi que la répartition des larves au moment de la nymphose diffère parfois de celle des larves immatures; ce comportement peut provoquer une réduction de la densité des nymphes pour des surfaces égales (Wolfe et Peterson, 1959).

La distance entre les cages et les substrats était d'environ 2 mètres. Or même si cette distance est relativement faible elle a quand même pu influencer les résultats obtenus. Sheldon et Oswood (1977) décrivent ainsi les variations spatiales de la densité larvaire: "When we began this work we were impressed by the precipitous decline in simuliid density over very short lengths of stream." Mentionnons finalement que la mortalité naturelle ou celle provoquée par différents facteurs (prédation, cataclysme, parasitisme) peuvent aussi expliquer les différences obtenues.

Le parasitisme particulièrement élevé à la station 6 est sans doute

responsable de l'importante différence observable entre la quantité de larves et la quantité d'adultes présents.

Chapitre Deuxième

IDENTIFICATION DU NOMBRE DE STADES LARVAIRES CHEZ *SIMULIUM TUBEROSUM*

1. INTRODUCTION

Les clés d'identification des larves de Simulies sont basées sur la morphologie des larves à maturité ayant atteint le dernier stade larvaire. Ces caractéristiques morphologiques deviennent de moins en moins observables et définies au fur et à mesure que l'on tente d'identifier de jeunes stades larvaires, en particulier les larves des stades I, II et III. De plus, nous avons démontré à quelques reprises dans le chapitre premier, l'existence de problèmes d'identification taxonomique inhérents aux complexes spécifiques connus.

Ces prémisses liées au fait que certains prélèvements larvaires contenaient plusieurs stades larvaires immatures nous ont amenés à approfondir cet aspect. Or nous constatons, d'après la littérature, que le nombre

de stades larvaires n'est connu que chez très peu d'espèces et que les méthodes permettant d'identifier ce nombre diffèrent souvent entre les auteurs.

Les espèces chez lesquelles nous avons obtenu une représentation suffisante de chacun des stades larvaires et chez lesquelles l'identification taxonomique était possible à partir du premier stade sont les suivantes: Simulium venustum/verecundum et S. tuberosum. La première espèce fait partie d'un complexe spécifique regroupant une dizaine d'espèces jumelles (Rothfels, 1978) et présente en ce sens une difficulté intrinsèque; de plus nous avons obtenu beaucoup de recouvrement entre les mesures effectuées.

Ce chapitre présente donc une revue de la bibliographie traitant des stades larvaires des Simulies, ainsi que la méthodologie qui a permis d'identifier et de décrire chacun des stades de S. tuberosum.

2. REVUE DE LA BIBLIOGRAPHIE

Plusieurs auteurs ont tenté, depuis le début du siècle, de dénombrer et de décrire les stades larvaires des Simuliidae. Ces recherches avaient pour but de préciser la biologie et la phénologie de ce groupe, ainsi que de raffiner les méthodes de contrôle. Le tableau V résume les principaux travaux concernant le nombre de stades larvaires des simuliés. Les nombres de stades de même que les structures qui ont servi à les déterminer sont indiqués. Nous avons précisé la provenance des populations larvaires, soit les larves élevées en laboratoire et celles provenant de milieux naturels.

Les premiers auteurs ne donnent pas d'explications quant aux méthodes utilisées pour déterminer les stades larvaires. Ils supposent que les larves de simuliés passent par quatre (Meinert, 1886) ou cinq mues (Tomosvary, 1892; Aigner-Abafi, 1903). La majorité des auteurs subséquents se basent sur la loi de Brook (Crosby, 1973). Ce principe mieux connu sous le terme "loi de Dyar", démontre qu'à chaque mue la croissance linéaire des structures sclérifiées est géométrique et augmente d'un facteur d'environ 1.25. Edwards (1920) est le premier auteur à appliquer ce principe. Il obtient six stades larvaires chez Simulium aureum en mesurant les largeurs des capsules céphaliques des larves. Il discerne pour la première fois la présence de la dent d'éclosion et l'antenne composée de deux articles chez le premier stade larvaire. Puri (1925) précisera qu'aux stades I, II et III, le

TABLEAU V

TABLEAU COMPARATIF DES TRAVAUX ANTERIEURS
SUR LE NOMBRE DE STADES LARVAIRES DES SIMULIIDAE

| | | | | | STRUCTURES OBSERVEES ET MORPHOMETRIE | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------|--|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| DATE | AUTEURS | ESPECES | STADES | P | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1886 | MEINERT, HORVART | SIMULIIDAE | 4 | | ? | | | | | | | | | | | |
| 1892 | TOMOSVARY | SIMULIIDAE | 5 | | ? | | | | | | | | | | | |
| 1903 | AIGNER - ABADI | SIMULIIDAE | 5 | | ? | | | | | | | | | | | |
| 1920 | EDWARDS | S. latipes | 6 | N | | | | | | X | | | | X | | |
| 1922 | CAMERON | S. arcticum | 6 | E | | | | | | | | | X | | | |
| 1925 | PURI | S. aureum S. erythrocephalum | 6 | E | | | | | X | | | | | X | | |
| 1927 | BARANOV | W. equina O. ornata S. aureum* | 6 | E | | | X | | X | | | | | | X | X |
| 1929 | PATTON, EVENS | SIMULIIDAE | 7 | | ? | | | | | | | | | | | |
| 1934 | SMART | S. ornatum | +6 | E | | | | | X | X | | | | X | | |
| 1945 | WANSON, HENRARD | S. damnosum | 6 | N | ? | | | | X | X | | | | | | |
| 1949 | DAVIES | SIMULIIDAE | 6 | | ? | | | | | | | | | | | |
| 1953 | GRENIER | SIMULIIDAE | 6 | | ? | | | | | | | | | | | |
| 1957 | TERTERJAN | O. kirishenkoi W. paraequina | 6 | E | | | X | X | X | X | X | X | | X | X | X |
| 1960 | GRENIER, FERAUD | S. damnosum* | 7 | N | | | X | | X | X | | | | X | X | X |
| 1964 | HARROD | S. ornatum* | 6 | E | | | | X | | | X | | | | X | X |
| 1969 | SMITH | P. hirtipes | 8 | N | | | | | | | X | | | | X | X |
| 1969 | STONE, SNODDY | SIMULIIDAE | 6 | | ? | | | | | | | | | | | |
| 1970 | JOHNSON, PENGELLY | S. rugglesi | 7 | N | | | | | | | X | | | X | X | X |
| 1971 | PIACEK, KNOZ | S. argyreatum | 7 | E | | | X | | X | X | X | | | | X | X |
| 1972 | MANSINGH et al. | P. mysticum | 7 | E | | | | | | X | | | | | | |
| 1973 | HALGOS, JEDLICKA | P. nigripes | 7 | N | | | X | X | | X | X | X | | X | X | X |
| 1974 | CROSBY | A. tillyardianum | 9 | N | | | | | | | | | | X | X | |
| 1974 | ZWICK | P. hirtipes* | 7 | N | | | | | | | | | | X | | X |
| 1975 | CRAIG | S. oviceps S. tahitiense | 9 | N | | | X | X | | X | X | X | | X | X | X |
| 1975 | MULLA, LACEY | S. vittatum | 6 | N | ? | | | | | | | | | | X | |
| 1975 | REISEN | S. virgatum, S. Sp A | 6 | N | | | | | | X | | | | | | X |
| 1976 | FREDEEN | S. arcticum* | 7 | N | | | | | | | | X | | X | X | X |
| 1976 | MOKRY | S. venustum | 6 | E | | | | | | X | | | | | | X |
| 1978 | ROSS, MERRITT | P. fuscum/mixtum St. mutata S. vittatum* | 6-7 7 7 | N | | | | | | | | | X | | | X |
| 1979 | ROSS | St. mutata S. vittatum* | 6 7 | N | | | | X | | | | | X | X | | X |
| 1979 | ROSS, CRAIG | P. fuscum/mixtum* | 7 | N | | | | X | | | | | X | | X | X |
| 1979 | GRANETT | S. penobscotensis | 7 | N | | | | | | X | | | | | | X |
| 1980 | | S. tuberosum | 6 | N | | | | | | X | | | | X | X | X |

1- ANTENNE

2- EVENTAIL CEPHALIQUE

3- MANDIBULE

4- HYPOSTOMIUM

5- LARGEUR DE LA CAPSULE CEPHALIQUE

6- LARGEUR DE L'APOTOME CEPHALIQUE

7- LONGUEUR DU POSTGENA

8- CROCHETS ANAUX

9- LONGUEUR TOTALE

10- DESCRIPTION DES STADES LARVAIRES

11- BIOMETRIE

P- PROVENANCE DES POPULATIONS ETUDIEES

E- ELEVAGE

N- NATURE

*- ESPECE ETUDIEE PLUS D'UNE FOIS

nombre d'articles de l'antenne passe respectivement de deux, à trois puis à quatre.

Baranov (1927) met en relation la largeur de l'hypostomium et le nombre de rayons de l'éventail céphalique en fonction de chacun des stades larvaires. Il trouve ainsi six stades larvaires chez trois genres de Simulies; de plus il est le premier auteur à décrire la morphologie de chacun des stades. A la suite de ces travaux et de ceux de Cameron (1922), plusieurs auteurs considéreront pendant une trentaine d'années que les Simuliidae passent par six stades larvaires.

Afin d'optimiser une méthode permettant de discriminer chacun des stades larvaires, Terterjan (1957) mesura plusieurs structures chez deux espèces de simulies. Il obtint les meilleurs résultats en utilisant la taille des structures sclérifiées et en particulier celles de la capsule céphalique. Les séparations les plus nettes apparaissaient avec la largeur des capsules céphaliques, alors que les mensurations des parties non sclérifiées (largeur du thorax, longueur totale) présentaient trop de recouvrements d'un stade larvaire à l'autre.

Grenier et Feraud (1960) de même que Smart (1934) pouvaient reconnaître les trois premiers et les deux derniers stades larvaires par des caractéristiques morphologiques connues: l'augmentation du nombre de segments antennaires des stades I, II et III, ainsi que la forme et la pigmentation des histoblastes des derniers stades. Smart (1934), contrairement à Grenier et Feraud (1960), n'a pas réussi à dénombrer les stades larvaires chez Simulium ornatum: "Attempts to discover the number of larval stages by the application of Dyar's law to the measurements of densely chitinized mental plates of a

large series of head capsules were not successful." Grenier et Feraud (1960), par comparaison de variance entre les longueurs des mandibules, ont réussi à dénombrer sept stades larvaires chez Simulium damnosum.

Smith (1969), par un procédé complexe d'analyse de distribution de fréquence polymodale, parvient à trouver huit stades larvaires chez Prosimulium hirtipes. Mais en compilant sur un même histogramme les largeurs de capsule céphalique de larves prélevées sur quatre années, à plusieurs stations et à des altitudes différentes, Smith induit de ce fait de larges recouvrements d'un stade larvaire à l'autre. Or comme l'ont démontré plusieurs auteurs la taille et le poids des individus d'une même espèce peuvent varier selon les conditions du milieu: changements de température saisonniers, disponibilité de nourriture, parasitisme, etc. Ces variations sont observables d'une part entre les individus d'une même génération, et de façon plus marquée, entre les individus de générations successives (Neveu, 1973; Halgos et Jedlicka, 1973; Laddle et al., 1977; Colbo et Porter, 1979). Ainsi Zwick (1974), en étudiant aussi P. hirtipes, a obtenu sept stades larvaires chez cette espèce. Mais le fait que cet auteur ait utilisé quatre groupes de larves provenant de prélèvements uniques rend plus probant ses résultats.

Ptaček et Knoz (1971) ont observé que le parasitisme pouvait induire une mue supplémentaire chez des populations de Simulium argyreatum élevées en laboratoire. Des variations dans le nombre de stades larvaires au sein d'une même espèce d'insecte ne sont pas exceptionnelles (Wigglesworth, 1947). Selon Halgos et Jedlicka (1973), ces variations pourraient être favorables et seraient une adaptation aux conditions changeantes des gîtes à larves de similies. Ainsi Ross et Merritt (1978) ont démontré que chez Prosimulium fuscum/mixtum les larves de la première cohorte de septembre

avaient sept stades larvaires, alors que celles de la cohorte de janvier ne passaient que par six stades. Ce changement du nombre de stades larvaires permettrait une synchronisation de l'émergence des adultes au printemps.

Près de la moitié des recherches portant sur le nombre de stades larvaires ont été effectuées durant les dix dernières années. L'ensemble de ces recherches démontre que le nombre de stades larvaires chez les Simuliidae s'obtient par une analyse morphométrique. Les résultats de cette analyse permettent ensuite d'identifier et de décrire chacun des stades.

3. METHODES ET TECHNIQUES

3.1 Technique de mesure.

Les larves de Simulium tuberosum examinées dans cette étude proviennent des stations de prélèvement 1, 3 et 6. D'après plusieurs auteurs, les meilleurs résultats permettant de séparer les stades larvaires s'obtiennent avec les largeurs des capsules céphaliques des larves. Nous avons mesuré les capsules céphaliques à l'aide d'un binoculaire Carl Zeiss muni d'un micromètre oculaire permettant d'obtenir des unités de mesure de 0.01 mm à un grossissement de 100 X.

Les larves étaient observées en position dorso-ventrale, perpendiculairement à l'échelle du micromètre. Il est ainsi possible de situer les taches oculaires symétriquement de part et d'autre de la capsule céphalique. Afin d'uniformiser la technique, nous avons toujours mesuré les capsules céphaliques au niveau des taches oculaires. Nous avons ainsi mesuré 1,960 larves de Simulium tuberosum.

3.2 Détermination des stades larvaires.

En additionnant le nombre total de larves appartenant à chaque classe de mesure de 0.01 mm, nous obtenons des histogrammes de fréquences polymodales. Conséquemment à la loi de Brook (Crosby, 1973), chacun des modes doit

correspondre à un stade larvaire. Or il peut survenir des recouvrements importants entre chacun des modes, masquant par le fait même la présence d'un stade larvaire donné (Harding, 1959; Smith, 1969). Ces recouvrements rendent également difficile l'évaluation précise de la position de chacun des modes. Cette position des modes sur l'abscisse correspond aux tailles moyennes des largeurs de capsule céphalique de chacun des stades larvaires.

Récemment Schwartz (1971) a développé un programme basé sur la théorie des moindres-carrés. Ce programme permet d'ajuster à une distribution de fréquences observées un certain nombre de distributions normales correspondantes. Cet ajustement optimum se fait à partir du nombre de pics estimés et de leur position, hauteur et largeur approximatives. Si ces estimations sont erronées, le programme ira en divergeant à chaque itération et donnera des résultats aberrants. Par contre si ces estimations sont correctes, la somme des carrés-d'écarts ira en décroissant et se stabilisera en fonction des courbes expérimentales. Nous obtenons ainsi la position optimum des pics correspondant à la taille moyenne des capsules céphaliques de chacun des stades larvaires.

A partir de ces résultats il est possible de tracer une droite de régression entre les mesures moyennes obtenues et les stades larvaires correspondants (Reisen, 1975; Fredeen, 1976; Ross et Merritt, 1978; Ross et Craig, 1979; Ross, 1979). Cette méthode permet de vérifier si l'évaluation du nombre de stades larvaires est juste. En effet l'omission d'un stade larvaire, selon la loi de Brook, provoquerait une déviation dans l'alignement des points (Wigglesworth, 1947). Ces droites de régression ont été construites à partir des moyennes des largeurs de capsules céphaliques obtenues par les courbes calculées (Programme de régression linéaire simple, Baillargeon, 1973).

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Croissance larvaire.

Les figures 14, 15 et 16 représentent la croissance des larves de Simulium tuberosum aux stations 1, 3 et 6. On peut noter (fig. 16) que la station 6 est caractérisée par une première cohorte importante allant du 5 au 30 juin, suivie d'une seconde cohorte fort atténuée. La station 1 présente, à l'inverse, une deuxième cohorte de larves plus nombreuses qui va du 20 juin au début d'août (fig. 14). A la station 3, il est possible de circonscrire deux cohortes de même importance: la première qui va du début des prélèvements à la fin juin et la seconde qui s'étend du début juillet au début août (fig. 15).

Pour éviter d'avoir trop de recouvrements entre les mesures et pouvoir déterminer adéquatement le nombre de stades larvaires, nous avons séparé les larves en quatre groupes: celles provenant de la station 1, celles de la station 6, et séparément les deux cohortes de la station 3. Les figures 17 à 20 représentent sous forme d'histogrammes les sommations des larves des quatre groupes réparties en classes de mesure de 0.01 mm. Les zones tramées correspondant aux classes 0.10 et 0.11 mm représentent les premiers stades larvaires caractérisés par une dent d'éclosion. Les fractions d'histogrammes, qui, dans les dernières classes, sont représentées en noir, indiquent le nombre d'individus de dernier stade ayant des histoblastes pigmentés. Cette

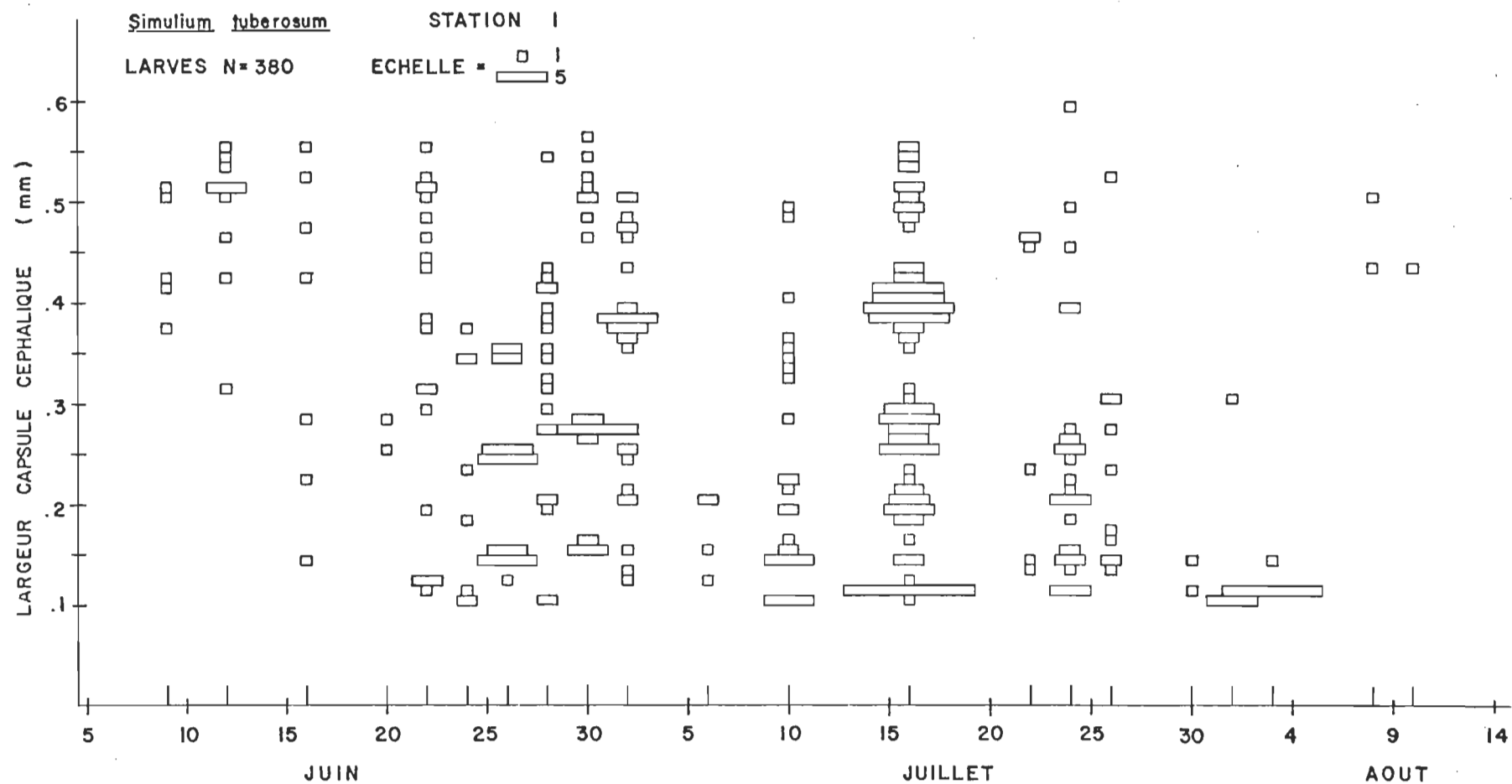


Figure 14: Croissance larvaire de Simulium tuberosum - station 1.

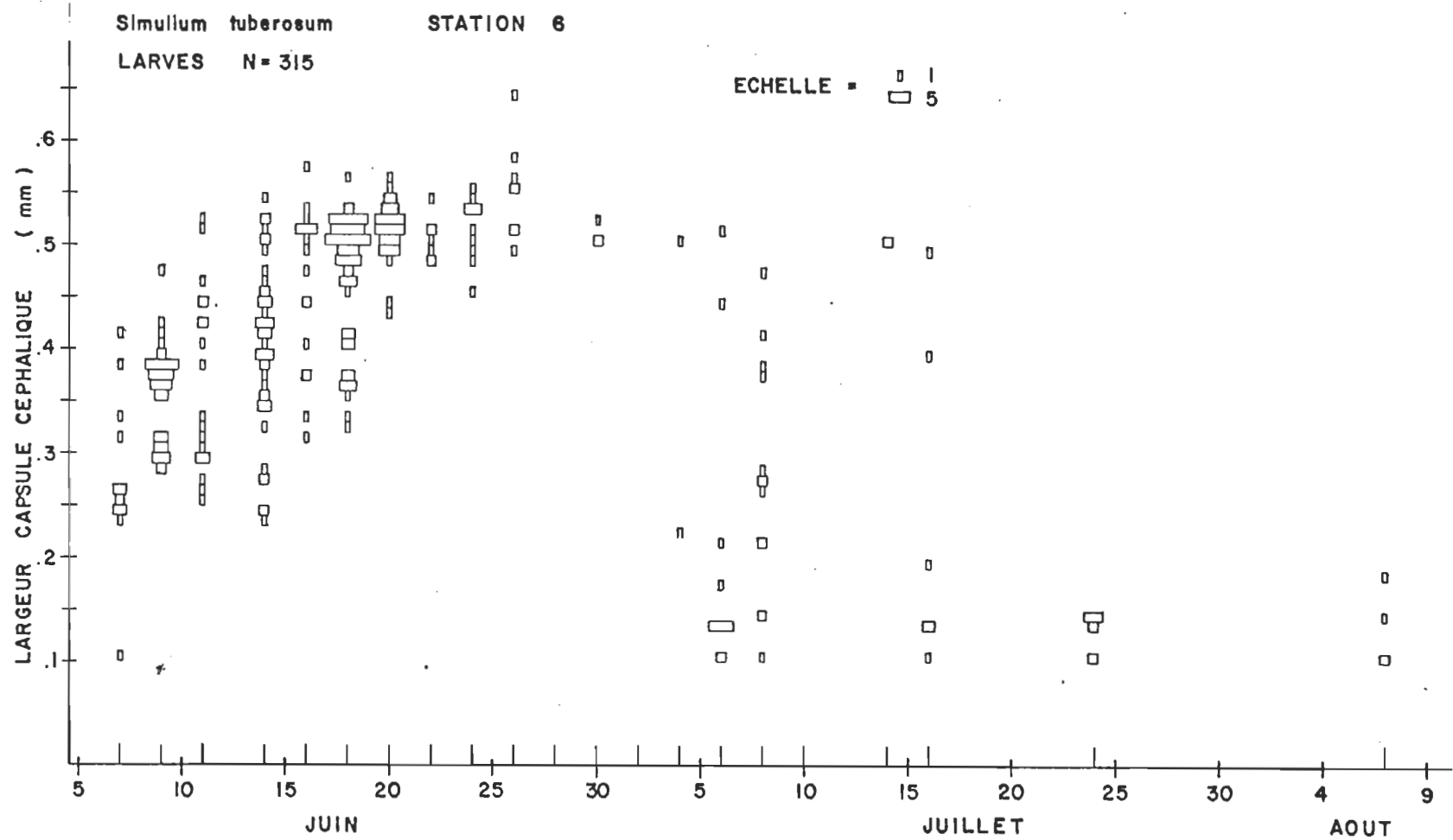


Figure 16: Croissance larvaire de Simulium tuberosum - station 6.

pigmentation apparaissant quelques temps après la dernière mue larvaire (Fredeen, 1976) explique la présence d'individus de dernier stade ne possédant pas encore d'histoblastes pigmentés.

Les courbes présentées aux figures 17, 18 et 19 ont été calculées à l'aide du programme de Schwartz (1971). Le tableau VI présente les largeurs moyennes des capsules céphaliques résultant de la position des pics calculés. Nous avons aussi indiqué pour les quatre groupes de larves les indices de croissance entre chaque stade larvaire. Ces résultats préliminaires permettent de croire que les larves de Simulium tuberosum passent normalement par six stades larvaires.

4.2 Recouvrement et séparation des stades larvaires.

Les larves de la station 1 (fig. 17) sont réparties en nombre relativement égal entre chacun des six stades. Par contre la première cohorte de la station 3 (fig. 18) ne présente qu'un seul individu de premier stade. Connaissant la largeur de sa capsule céphalique nous n'avons pas inclus cette mesure dans le tracé des courbes, ce qui explique la présence de seulement cinq courbes calculées. Deux causes peuvent expliquer la rareté des premiers stades larvaires dans les prélèvements. D'une part l'évolution de la cohorte dans le temps et le synchronisme des premières cohortes font que les premiers stades pouvaient être présents en plus grand nombre avant le début des prélèvements. D'autre part les jeunes larves se trouvent souvent en agrégat près des masses d'oeufs déposés par les femelles de S. tuberosum (Ulfstrand, 1967; Davies et al., 1962). Les substrats artificiels seront d'autant moins colonisés par les jeunes stades qu'ils se trouvent à l'écart des sites d'oviposition des femelles.

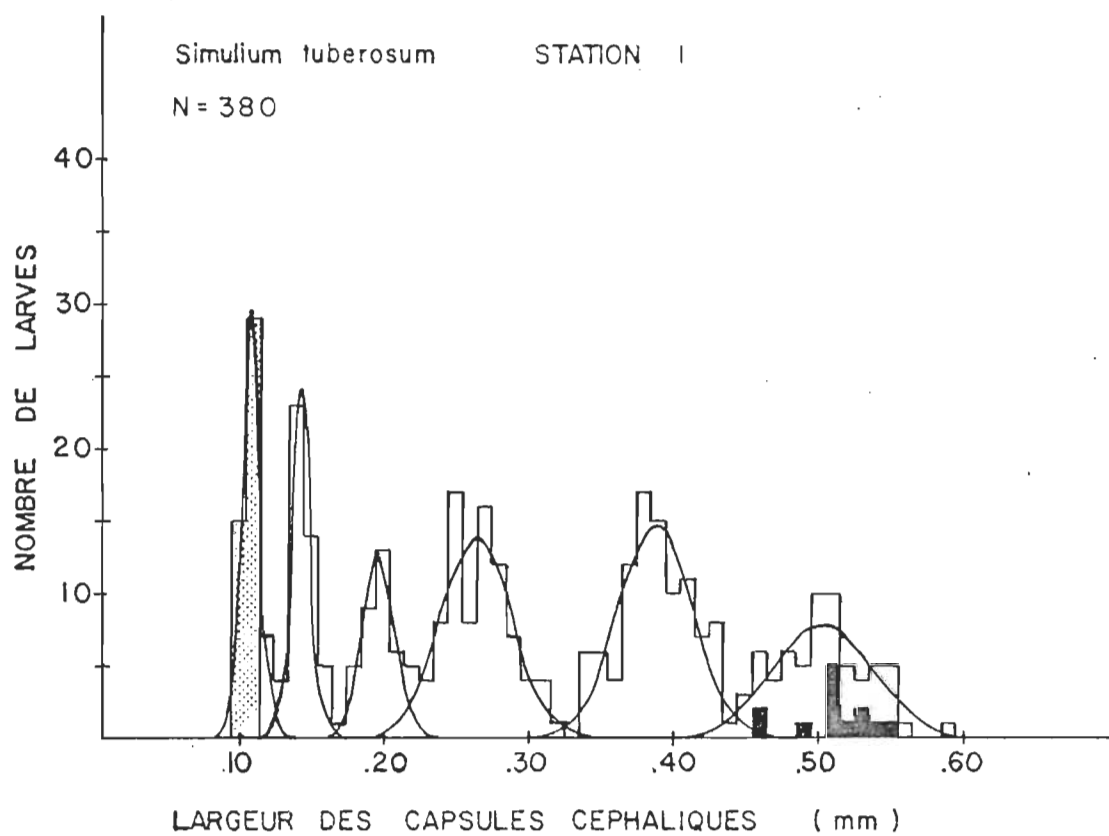


Figure 17: Histogramme de fréquence des largeurs de capsule céphalique.
Simulium tuberosum - station 1

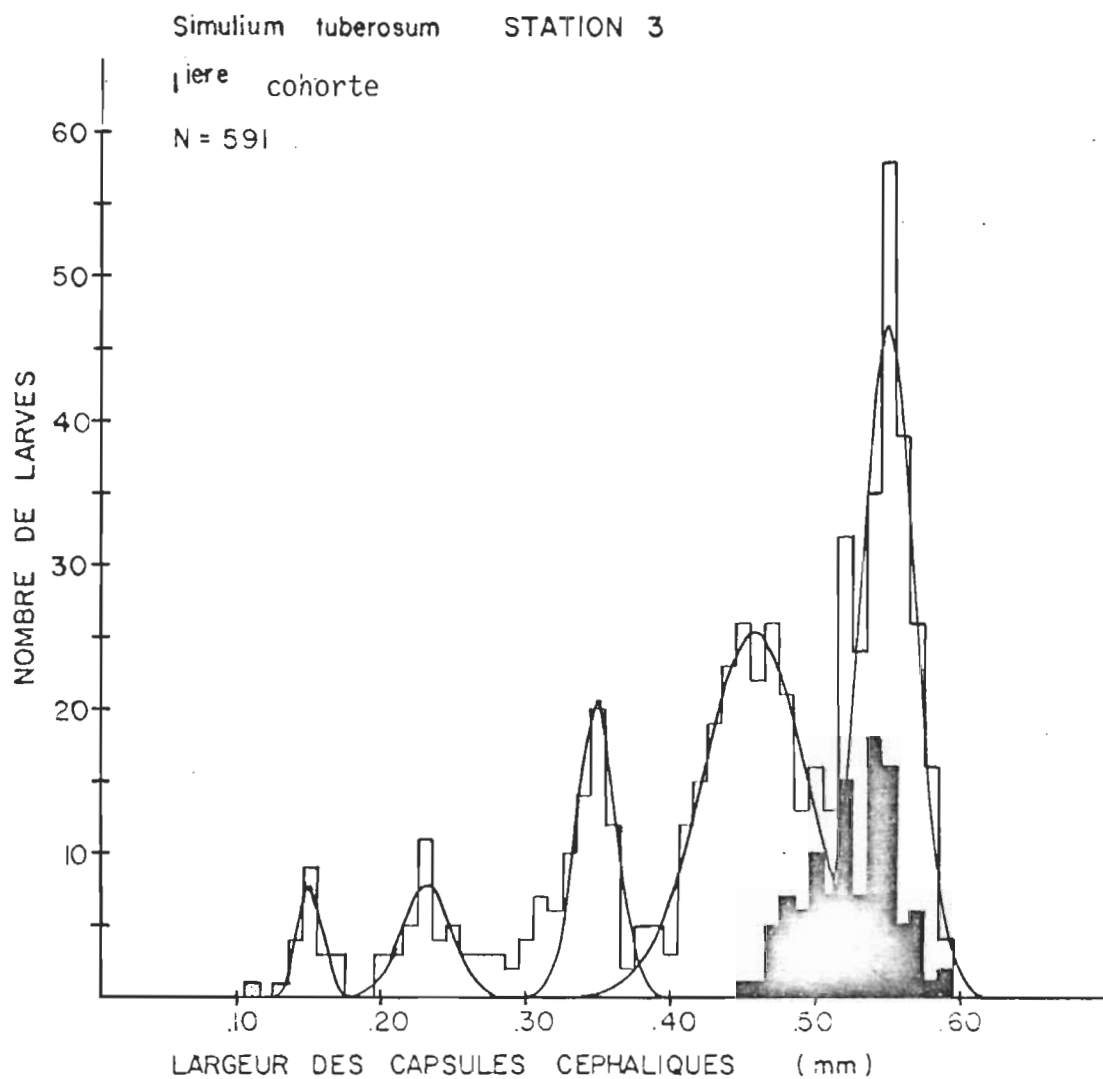


Figure 18: Histogramme de fréquence des largeurs de capsule céphalique.
Simulium tuberosum - 1ère cohorte - station 3

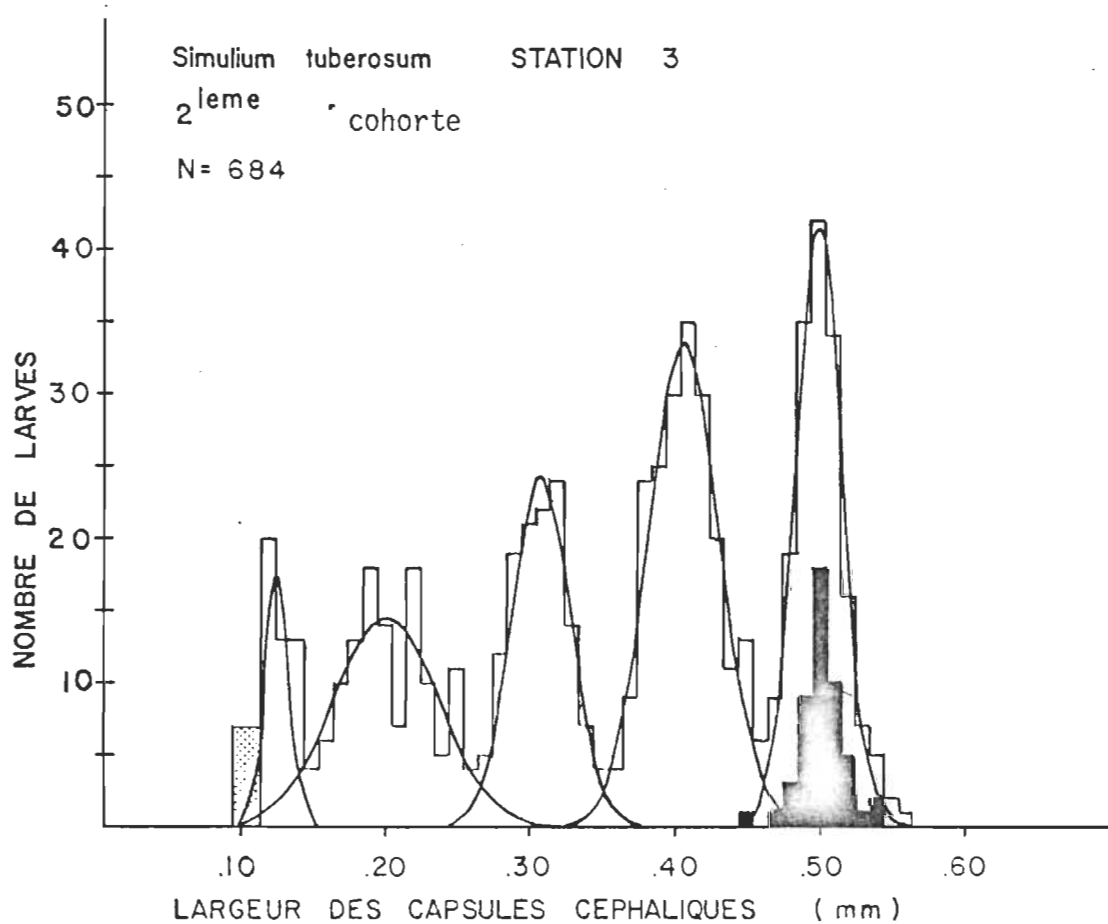


Figure 19: Histogramme de fréquence des largeurs de capsule céphalique.
Simulium tuberosum - 2^{ème} cohorte - station 3

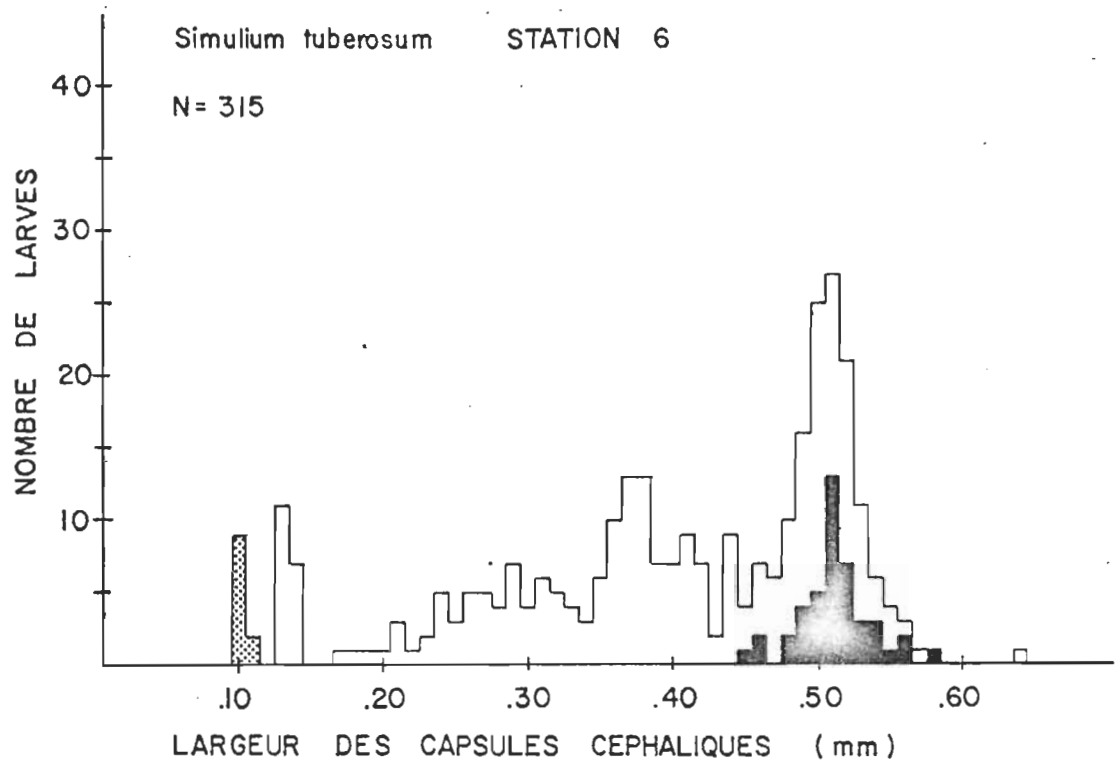


Figure 20: Histogramme de fréquence des largeurs de capsule céphalique.
Simulium tuberosum - station 6

TABLEAU VI

LARGEURS MOYENNES CALCULEES DES CAPSULES CEPHALIQUES (mm)
DE Simulium tuberosum ET INDICES DE CROISSANCE

| COHORTES | STADES LARVAIRES | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | I | | II | | III | | IV | | V | | VI |
| Station 1 indice de croissance | 0.108 | 1.32 | 0.143 | 1.38 | 0.197 | 1.34 | 0.264 | 1.47 | 0.388 | 1.30 | 0.503 |
| Station 3-1 indice de croissance | 0.110 | 1.36 | 0.150 | 1.54 | 0.231 | 1.51 | 0.349 | 1.31 | 0.458 | 1.20 | 0.550 |
| Station 3-2 indice de croissance | 0.105 | 1.19 | 0.125 | 1.61 | 0.201 | 1.53 | 0.308 | 1.32 | 0.408 | 1.25 | 0.509 |
| Station 6 | 0.102 | | (0.140) | | (0.192) | | (0.264) | | (0.362) | | (0.498) |
| | | 1.37* | | 1.37* | | 1.37* | | 1.37* | | 1.37* | |
| | (0.104) | | (0.142) | | (0.195) | | (0.268) | | (0.368) | | 0.505 |

* indice de croissance moyen des trois premières cohortes.

() largeur de la capsule céphalique évaluée à partir de l'indice de croissance moyen.

On observe aussi dans la première cohorte de la station 3 un recouvrement important entre les larves d'avant-dernier et de dernier stade. Ce recouvrement est imputable au dimorphisme sexuel observé chez les imagos et qui peut se refléter chez les larves, les femelles étant en général plus grandes que les mâles. Or les courbes sont calculées à partir du nombre total de larves appartenant à chaque classe de mesure, sans distinguer les larves aux histoblastes pigmentés de celles aux histoblastes encore blancs. Ce procédé explique la présence de larves à maturité qui, dû au recouvrement, se situent à l'extérieur de la courbe calculée des derniers stades.

La deuxième cohorte de la station 3 (fig. 19) présente un recouvrement important entre les larves de premier stade et celles de deuxième stade. Il est toutefois possible de séparer les larves de ces deux stades par la présence de la dent d'éclosion des premiers stades. Nous pouvons ainsi calculer la largeur moyenne des capsules céphaliques des premiers stades et évaluer à l'aide du programme celles des stades subséquents. Le manque d'individus de troisième stade et les recouvrements importants entre les stades III, IV et V, nuisent à l'évaluation des largeurs moyennes des capsules céphaliques des larves de la station 6, (fig. 20).

Cependant si nous multiplions la largeur moyenne calculée de 0.12 mm des premiers stades par l'indice de croissance moyen de 1.37 des trois premiers groupes de larves, nous obtenons des résultats qui correspondent aux positions apparentes de chacun des modes. Nous obtenons des résultats similaires en divisant la moyenne calculée de 0.505 mm des larves de derniers stades (histoblastes pigmentés) par le même indice de croissance moyen de 1.37. Ces valeurs sont présentées dans le tableau VI et correspondent aux modes observés à la figure 20.

4.3 Régression linéaire des stades larvaires.

Afin de vérifier l'exactitude du nombre de stades larvaires obtenu nous relierons le logarithme des largeurs moyennes des capsules céphaliques en fonction de chacun des stades larvaires. D'après Wigglesworth (1947) cette relation entre les logarithmes des dimensions des structures scléifiées en fonction des stades larvaires doit donner une droite. Sur les figures 21 et 22 les points obtenus entre les logarithmes des mesures et les stades larvaires s'ajustent sur une droite ($R^2 \geq 0.98$), indiquant que nous n'avons pas omis de stades larvaires. Nous avons multiplié par cent les largeurs des capsules céphaliques afin d'en faciliter la lecture et éviter d'avoir des valeurs négatives. Ces résultats démontrent que les larves de Simulium tuberosum passent par six stades larvaires.

4.4 Différence de taille entre les larves de deux cohortes successives.

Sachant que les deux cohortes de la station 3 sont nettement séparées dans le temps, nous avons comparé les moyennes des largeurs de capsule céphalique des derniers stades larvaires de ces deux cohortes. Le test de F effectué sur les moyennes des deux cohortes démontre que leur variance ne sont pas significativement différentes à 0.05. Nous pouvons donc comparer les deux moyennes entre elles à l'aide du test de t. Les résultats indiquent que les moyennes des largeurs de capsule céphalique des deux cohortes sont significativement différentes à 0.05. Ainsi nous pouvons affirmer que les larves de la première cohorte ont une taille moyenne supérieure à celle des larves de la deuxième cohorte. Cependant nous ne pouvons préciser avec certitude si ces deux cohortes appartiennent à la même espèce ou s'il s'agit de deux popula-

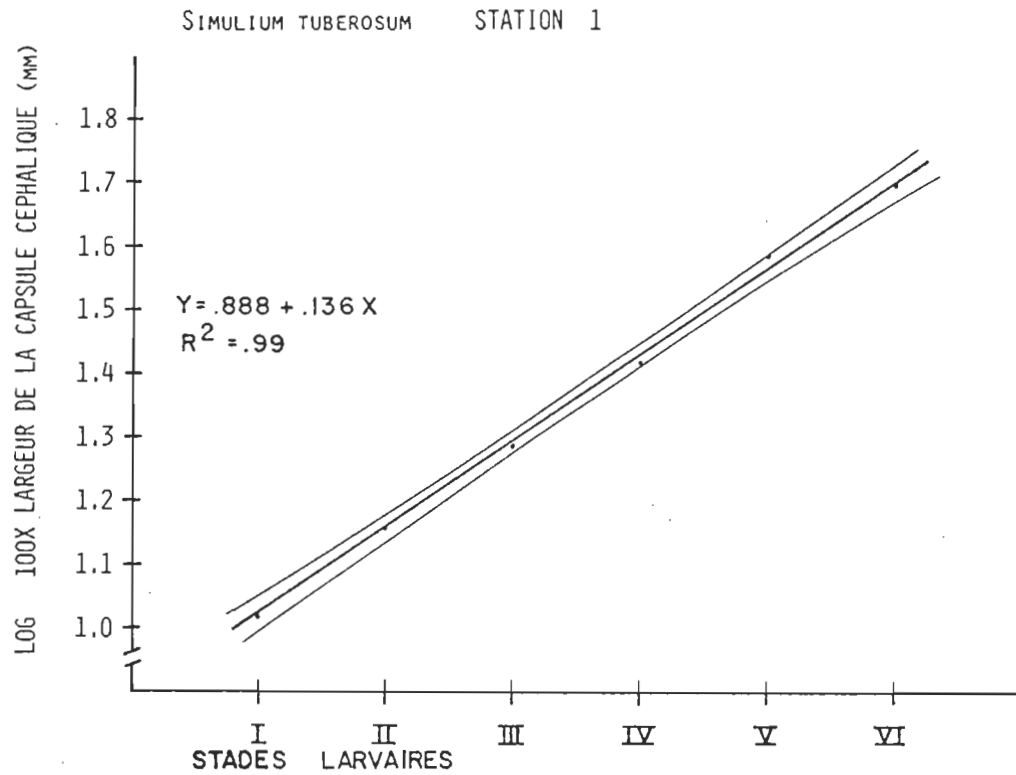


Figure 21: Régression linéaire entre le logarithme des largeurs de capsule céphalique et les stades larvaires.
Simulium tuberosum - station 1

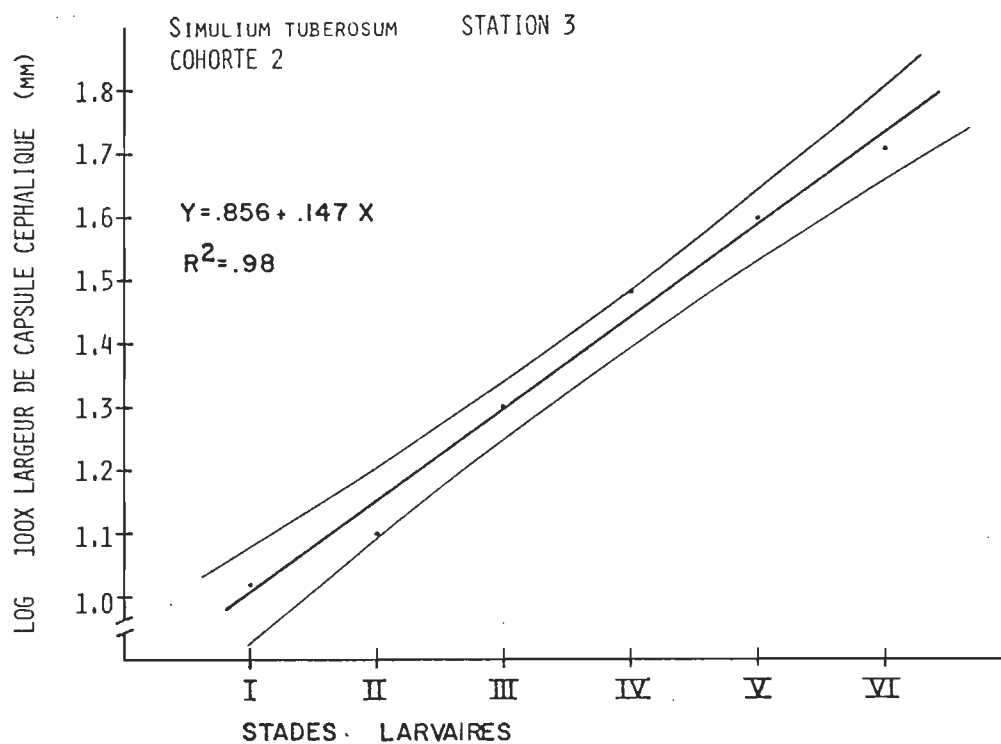
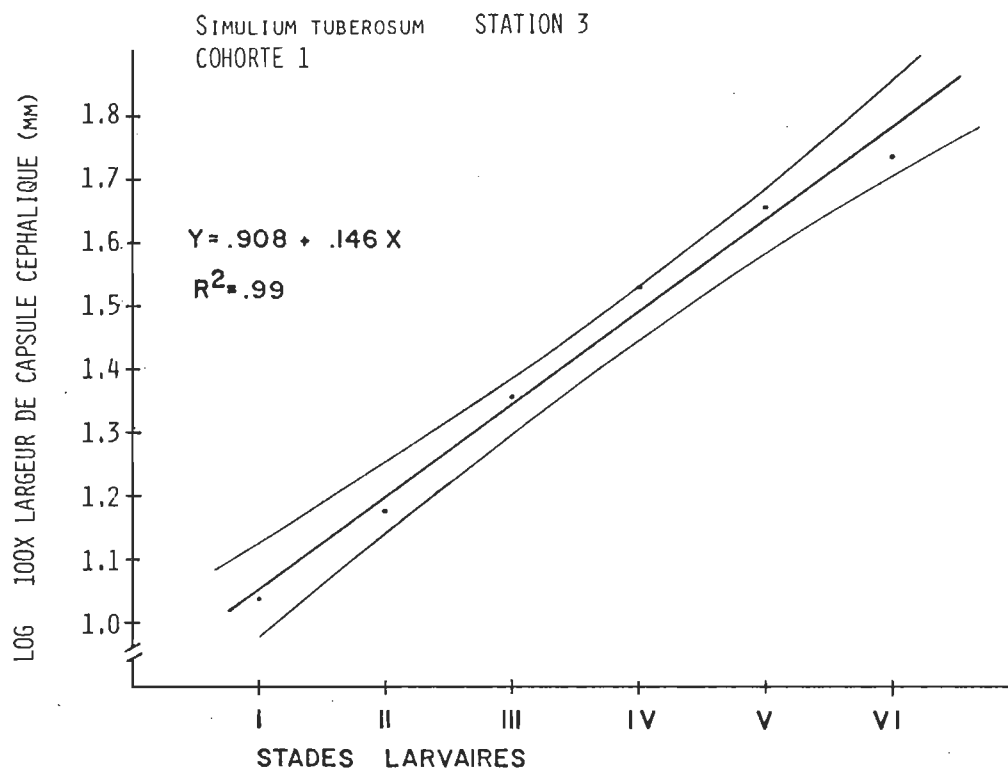


Figure 22: Régression linéaire entre le logarithme des largeurs de capsule céphalique et les stades larvaires.
Simulium tuberosum - 1ère et 2ème cohortes - station 3

tions d'espèces jumelles mais distinctes. En effet il a été démontré que Simulium tuberosum appartenait à un complexe de quatre espèces, du moins dans le sud de l'Ontario (Landau, 1962). D'une part, cette différence de taille s'expliquerait d'elle-même dans le cas de deux espèces différentes. D'autre part, nous serions en présence d'une espèce polyvoltine. Or il a été démontré que chez les espèces polyvoltines du genre Simulium les individus des générations de printemps sont plus grands que ceux des générations d'été. Neveu (1973) a entrepris une étude analogue où il démontre ce phénomène chez des adultes d'espèces appartenant au genre Simulium.

4.5 Indice de croissance des stades larvaires.

Nous avons comparé les indices de croissance obtenus entre chaque stade larvaire provenant des trois populations étudiées avec ceux publiés par d'autres auteurs (tableau VII). Les indices de croissance moyens varient de 1.22 pour le plus petit à 1.38 pour le plus grand. Les plus faibles indices viennent des espèces ayant le plus grand nombre de stades larvaires alors que les plus grands indices correspondent aux espèces dont le nombre de stades est le plus bas. Dans tous les exemples rencontrés, il ressort d'une façon générale que, quelles que soient les espèces, le plus petit indice de croissance se situe entre l'avant-dernier et le dernier stade larvaire. Cette diminution de croissance dans le cas des deux derniers stades doit correspondre, de façon hypothétique, à une étape de préparation à la nymphose. L'énergie accumulée par la nourriture ingérée serait alors utilisée pour la métamorphose et le développement ovarien (Wigglesworth, 1947; Ross et Craig, 1979). La croissance larvaire des Simuliidae semble donc suivre la loi de Brook; l'augmentation de la taille d'un stade larvaire à l'autre est d'un

TABLEAU VII
INDICES DE CROISSANCE COMPARES
DES STADES LARVAIRES DE SIMULIIDAE

| | | STADES LARVAIRES | | | | | | | | | MOYENNE |
|----------------|---------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|----|---------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | |
| | | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| | <i>S. tuberosum</i> (1) | 1.32 | 1.38 | 1.34 | 1.47 | 1.30 | | | | | 1.36 |
| | <i>S. tuberosum</i> (3-1) | 1.36 | 1.54 | 1.51 | 1.31 | 1.20 | | | | | 1.38 |
| | <i>S. tuberosum</i> (3-2) | 1.19 | 1.61 | 1.53 | 1.32 | 1.25 | | | | | 1.38 |
| SMITH (1969) | | | | | | | | | | | |
| | <i>P. hirtipes</i> | 1.20 | 1.29 | 1.48 | 1.39 | 1.28 | 1.29 | 1.17 | | | 1.30 |
| CRAIG (1975) | | | | | | | | | | | |
| | <i>S. oviceps</i> | 1.21 | 1.27 | 1.27 | 1.31 | 1.24 | 1.17 | 1.18 | 1.11 | | 1.22 |
| | <i>S. tahitiense</i> | 1.20 | 1.24 | 1.16 | 1.37 | 1.42 | 1.20 | 1.29 | 1.17 | | 1.26 |
| FREDEEN (1976) | | | | | | | | | | | |
| | <i>S. arcticum</i> | 1.40 | 1.39 | 1.38 | 1.29 | 1.31 | 1.16 | | | | 1.32 |
| GRANETT (1979) | | | | | | | | | | | |
| | <i>S. penobscotensis</i> | | | 1.30 | 1.33 | 1.29 | 1.22 | | | | 1.29 |

rapport moyen de 1.3

4.6 Description des stades larvaires.

Les descriptions morphologiques suivantes résultent de l'examen de dix larves de chacun des stades. Les larves examinées ont été choisies parmi celles dont la largeur de la capsule céphalique se situait près des moyennes obtenues pour chacun des stades.

Stade I : La présence d'une dent d'éclosion noire et fortement sclérifiée située au centre de l'apotome céphalique constitue la principale caractéristique permettant de discerner le premier stade larvaire. La longueur totale varie de 0.60 à 0.70 mm et la largeur moyenne de la capsule céphalique au niveau des taches oculaires est de 0.105 mm. Le nombre de rayons de l'éventail céphalique est d'environ 17-18. Le post-occiput apparaît telle une ligne continue contrairement aux stades subséquents. Les taches oculaires sont rouges et les branchies rectales présentent trois lobes simples. La fente postgénale est très large et laisse voir les ganglions sous-oesophagiens noirs. Les antennes ne sont constituées que de deux articles. La coloration générale va du blanc translucide au gris pâle; on observe des bandes transversales plus foncées sur les segments abdominaux.

Stade II : La dent d'éclosion est absente et le post-occiput est maintenant disjoint. La largeur moyenne de la capsule céphalique est de 0.135 mm et la longueur totale approximative de 1 mm. Le nombre de rayons de l'éventail céphalique varie de 18 à 20. Les taches oculaires sont d'un brun rougeâtre et les antennes ont mainte-

nant trois articles. Les branchies rectales présentent trois lobes avec un début de ramification des lobes. La fente postgénale est moins large proportionnellement à la capsule céphalique. La coloration générale reste la même quoique plus marquée.

Stade III : La largeur moyenne de la capsule céphalique est de 0.20 mm et la longueur totale d'environ 1.60 à 1.70 mm. Les rayons de l'éventail céphalique varient de 20 à 26. A partir de ce stade et pour les stades subséquents les antennes sont composées de quatre articles. La ramification des branchies rectales est plus accentuée et les taches oculaires prennent une teinte brunâtre.

Stade IV : La largeur moyenne de la capsule céphalique est de 0.30 mm et la longueur totale de près de 2.30 mm. Le nombre de rayons de l'éventail céphalique varie de 28 à 34. Les branchies rectales deviennent de plus en plus ramifiées. Ces ramifications sont plus importantes dans la partie proximale et vont en diminuant vers la partie distale; elles ne sont présentes que sur la région postérieure des trois lobes principaux. Les bourgeons thoraciques se forment à ce stade; on distingue les histoblastes et les bourgeons des ailes, des haltères et des trois futures paires de pattes. Les taches oculaires sont maintenant noires.

Stade V : La largeur moyenne de la capsule céphalique est de 0.40 mm et la longueur totale des larves d'environ 3.40 mm. Les rayons de l'éventail céphalique sont au nombre de 36 à 40. Les bandes transversales sombres prennent parfois une teinte verdâtre très foncée. Les tissus des bourgeons thoraciques, en particulier les histoblastes, sont de plus en plus différenciés.

Stade VI : La largeur de la capsule céphalique est généralement d'au moins 0.48 mm et la longueur totale de plus de 4.75 mm. Le nombre de rayons de l'éventail céphalique varie de 40 à 46. Les bourgeons thoraciques sont très bien définis et occupent presque entièrement le thorax, donnant aux larves une apparence bossue. On distingue les segments des pattes, et les histoblastes enroulés sur eux-mêmes présentent une cuticule spiralée qui acquiert une teinte noire quelque temps après la dernière mue. Les sclérites cervicaux sont détachés du post-occiput.

La figure 23 présente les six stades larvaires de Simulium tuberosum.



Figure 23: Les six stades larvaires de Simulium tuberosum

CONCLUSION

L'utilisation combinée de trois moyens de capture différents (substrat artificiel, cage d'émergence et filet entomologique) à six stations, a permis de recenser vingt-trois espèces de mouches noires dans la région de LG-2 - Radisson. Cette richesse de la faune simuliidienne provient sans doute de la rencontre d'espèces à distribution septentrionale et d'espèces à répartition plus méridionale. La détermination des espèces appartenant aux complexes spécifiques auxquels nous nous sommes souvent heurtés, augmentera fort probablement le nombre d'espèces de cette région. La rareté des individus appartenant au genre Prosimulium s'expliquerait par la distribution très étalée des larves dans les cours d'eau au moment de l'émergence (Colbo, 1979).

Dans l'ensemble, les espèces les plus abondantes sont holarctiques et appartiennent au genre Simulium (sous-genre Simulium); l'espèce responsable de la nuisance importante de ces régions, Simulium venustum (76.5%) appartient justement à ce groupe.

Les espèces rencontrées dans cette région ont une succession comparable aux autres régions du nord-est du Canada. Elles présentent cependant un développement plus tardif et plus rapide dû au régime thermique. En effet

Le réchauffement printanier est brusque et provoque une émergence intense vers le début juin.

Les cages d'émergence ont permis de suivre l'apparition des espèces et d'évaluer la productivité des milieux en adultes. Les deux types de moyens de capture (cages et substrats) ont aussi permis une étude relativement précise de l'importance des espèces les unes par rapport aux autres et suivant les différentes stations, ceci grâce à la continuité des captures. Nous avons vu que sur de courtes distances la densité et l'importance des espèces changeaient brusquement.

Les substrats artificiels ont encore permis de suivre l'incidence du parasitisme. D'après Colbo et al. (1980) les taux importants de parasitisme tels ceux de la station 6 seraient rares à Terre-Neuve, mais importants au point de vue mortalité des Simulies. Très peu de renseignements sont disponibles quant à l'écologie des parasites en dehors des stades parasitaires.

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes quant à l'étude sur le nombre de stades larvaires des Simulies:

- Le nombre de stades larvaires chez les Simulies ne peut être évalué uniquement à partir d'un examen morphologique. Une analyse complète nécessite une approche biométrique suivie d'une description morphologique.
- Les seuls stades larvaires discernables à partir de caractères morphologiques sont les trois premiers et le dernier. Le premier se différencie par la présence d'une dent d'éclosion et les stades II et III par le nombre d'articles de l'antenne qui est respectivement de 3 et 4.

Le dernier stade s'identifie par des histoblastes pigmentés et/ou par les sclérites post-occipitaux disjoints du post-occiput.

- Les meilleurs résultats concernant l'analyse biométrique s'obtiennent à partir des mesures des structures sclérifiées de la capsule céphalique et en particulier la capsule elle-même (Terterjan, 1957; Grenier, 1960; Harrod, 1964; Smith, 1969; Halgos et Jedlicka, 1973; Craig, 1975; Fredeen, 1976; et Ross et Craig, 1979).
- Il existe presque toujours un recouvrement dans les dimensions des structures mesurées chez les différents stades larvaires provenant des gîtes naturels (Smith, 1969; Halgos et Jedlicka, 1973; Zwick, 1974; Reisen, 1975; et Ross et Merritt, 1978).
- Nos résultats, tout en confirmant ceux obtenus par d'autres auteurs, démontrent que les indices de croissance entre les stades varient en moyenne autour de 1.3 et suivent la loi de Brook (Smith, 1969; Fredeen, 1976; et Granett, 1979).
- Il peut survenir à l'intérieur d'une même espèce des variations du nombre de stades dues à des causes extrinsèques (changement de température, disponibilité de nourriture, parasitisme) (Ptacek et Knoz, 1971; et Halgos et Jedlicka, 1973).
- Il peut exister des différences de taille observables entre les individus et différentes cohortes (Neveu, 1973).
- Le nombre de stades larvaires est variable au sein de la famille des Simuliidae, et peu homogène au niveau des genres. En général le genre Simulium présente 6 ou 7 stades larvaires alors que le genre Prosimulium en présente 7 ou 8.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDELNUR, O. M. 1968. The biology of some black flies (Diptera; Simuliidae) of Alberta. *Quaest. Entomol.* 4: 113-174.
- AIGNER-ABAFI, L. 1903. Die Kolumbacser Fliege. *Allgm. Zeitschr. f. Entom.* 8: 93-96, 124-127.
- ANDERSON, J. R. et R. J. DICKE. 1960. Ecology of the immature stages of some Wisconsin black flies (Simuliidae: Diptera). *Ann. ent. Soc. Amer.* 53: 386-404.
- AUBIN, A., J.-P. BOURASSA et M. PELLISSIER. 1973. An effective emergence trap for the capture of mosquitoes. *Mosq. News* 33: 251-252.
- BACK, C. et P. P. HARPER. 1978. Les mouches noires (Diptera: Simuliidae) de deux ruisseaux des Laurentides, Québec. *Ann. Soc. ent. Québec* 23: 55-66.
- BACK, C. et P. P. HARPER. 1979. Succession saisonnière, émergence, voltinisme et répartition de mouches noires des Laurentides (Diptera: Simuliidae). *Can. J. Zool.* 57: 627-639.
- BAILLARGEON, G. 1973. La statistique et l'ordinateur. Les Presses de l'Université du Québec, Montréal. 228 pp.

- BALDWIN, W. F., A. S. WEST et J. GOMERY. 1975. Dispersal pattern of black flies (Diptera: Simuliidae) tagged with ^{32}P . Can. ent. 107: 113-118.
- BARANOV, N. 1927. O larvalnom stadiju nekih vrsta simulida. Glasnik. Cent. Hig. Zav. Beograd. 2: 97-103.
- BOOBAR, L. R. et J. GRANNETT. 1978. Evaluation of polyethylene samplers for black fly larvae (Diptera: Simuliidae), with particular reference to Maine species. Can. J. Zool. 10: 2245-2248.
- CAMERON, A. E. 1922. The morphology and biology of a canadian cattle-infesting black-fly. Can. Dept. Agric. tech. Bull. 5: 1-26.
- CARLSSON, G. 1967. Environmental factors influencing blackfly populations. Bull. Org. mond. Santé 37: 139-150.
- CARLSSON, M., L. M. NILSSON, BJ. SVENSSEN et S. ULFSTRAND. 1977. Lacustrine seston and other factors influencing the black flies (Diptera: Simuliidae) inhabiting lake outlets in Swedish Lapland. Oikos, suppl. 29: 229-238.
- CHANCE, M. M. 1970. The functional morphology of the mouthparts of black fly. Quaest. Entomol. 6: 245-284.
- COLBO, M. H. 1979. Distribution of winter-developing Simuliidae (Diptera), in Eastern Newfoundland. Can. J. Zool. 57: 2143-2152.
- COLBO, M. H. et G. N. PORTER. 1980. Distribution and specificity of Mermithidae (Nematoda) infecting Simuliidae (Diptera) in Newfoundland. Can. J. Zool. 58: 1483-1490.

- CRAIG, D. A. 1975. The larvae of Tahitian Simuliidae. J. Med. Entomol. 12: 463-476.
- CROSBY, T. K. 1973. Dyar's rule predated by Brook's rule. N. Z. Entomol. 5: 175-176.
- CROSBY, T. K. 1974. Life history stages and taxonomy of Austrosimulium tillyardianum. N. Z. J. Zool. 1: 5-28.
- DAVIES, D. M. et B. V. PETERSON. 1956. Observations of the mating, feeding, ovarian development and oviposition of adult black flies (Simuliidae, Diptera). Can. J. Zool. 34: 615-655.
- DAVIES, D. M. et P. D. SYME. 1958. Three new Ontario black flies of genus Prosimulium (Diptera: Simuliidae). Part II. Ecological observations and experiments. Can. Entomol. 90: 744-759.
- DAVIES, D. M., B. V. PETERSON et D. M. WOOD. 1962. The black flies (Diptera: Simuliidae) of Ontario. Part I. Adult identification and distribution with descriptions of six new species. Proc. ent. Soc. Ont. 92: 70-154.
- DAVIES, L. 1961. Ecology of two Prosimulium species (Diptera) with reference to their ovarian cycles. Can. Entomol. 93: 1113-1140.
- DEFOLIART, G. R. 1951. The life histories, identification and control of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Adirondack Mountains. Ph.D. Thesis, Cornell Univ.
- DUCRUC, J.-P., R. ZARNOVICAN, V. GERARDIN et M. JURDANT. 1976. Les régions écologiques du territoire de la baie de James: caractéristiques

écologiques du territoire de la baie de James: caractéristiques dominantes de leur couvert végétal. Cahiers de Géographie du Québec 20: 365-391.

DUNBAR, R. W. 1959. The salivary gland chromosomes of seven forms of black flies included in Eusimulium aureum Fries. Can. J. Zool 37: 495-525.

EDWARDS, F. W. 1920. On the British species of Simulium. II. The early stages. Bull. Ent. Res. 11: 211-246.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1970. Environnement atmosphérique. Température et précipitations 1941-1970. Moyennes pour la période de 1941 à 1970 et les extrêmes à 1970. Québec.

EZENWA, A. O. 1974. Studies on host-parasite relationships of Simuliidae with mermithids and microsporidians. J. Parasitol. 60: 809-813.

FREDEEN, F. J. . 1958. Black flies (Diptera: Simuliidae) of the irrigated areas of Manitoba, Saskatchewan and Alberta. Proc. 10th Int. Cong. Ent. Montréal 1956 (3): 819-823.

FREDEEN, F. J. H. 1976. The seven larval instars of Simulium arcticum. Can. Entomol. 108: 591-600.

GERSABECK, E. F. JR et MERRITT, R. W. 1979. The effect of Physical Factors on the Colonization and Relocation Behavior of Immature Black Flies (Diptera: Simuliidae). Environ. Entomol. 8: 34-39.

GOLINI, V. I. 1970. Observations on some factors involved in the host-seeking behaviour of simuliids (Diptera) in Ontario and Norway.

Thèse de M.Sc.: Université McMaster, Canada.

- GOLINI, V. I. et D. M. DAVIES. 1975. Relative response to colored substrates by ovipositing blackflies (Diptera: Simuliidae). I. Oviposition by Simulium (Simulium) verecundum Stone and Jamnback. Can. J. Zool. 53: 521-535.
- GORDON, R., B. A. EBSARY et G. F. BENNETT. 1973. Potentialities of mermithid nematodes for the biocontrol of blackflies (Diptera: Simuliidae). A review. Exp. Parasitol. 33: 226-238.
- GRANETT, J. 1979. Instar frequency and depth distribution of Simulium penobscotensis (Diptera: Simuliidae) on aquatic vegetation. Can. Ent. 111: 161-164.
- GRENIER, P. et L. FERAUD. 1960. Etude biométrique de la croissance larvaire chez Simulium damnosum Theobald. Bull. Soc. Pathol. exot. 53: 563-581.
- HALGOS, J. et L. JEDLICKA. 1973. The larval instars of Prosimulium nigripes Enderlein 1925 (Diptera; Simuliidae). Biologia (Bratislava) 28: 899-909.
- HARDING, J. P. 1949. The use of probability paper for graphical analysis of polymodal frequency distributions. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 28: 141-153.
- HARROD, J. J. 1964. The instars of Simulium ornatum var. nitidifrons Edwards (Diptera, Simuliidae). Entomol. Monthly Mag. 100: 34-35.
- HOCKING, B. et W. R. RICHARDS. 1952. Biology and control of Labrador black

- flies (Diptera: Simuliidae). Bull. ent. Res. 43: 237-257.
- HOWARD, A. D. 1967. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. Am. Assoc. Petroleum Geol. Bull. 5: 2246-2259.
- JAMNBACK, H. 1952. The importance of correct timing of larval treatments to control specific blackflies (Simuliidae). Mosq. News 12: 77-78.
- JOHNSON, A. F. et D. H. PENGELLY. 1969. The larval instars of Simulium rugglesi Nicholson and Mickel (Diptera: Simuliidae). Proc. Entomol. Soc. Ont. 100: 182-187.
- JURDANT, M. 1973. Ecologie du territoire de la Baie James: Légende de la carte écologique (première approximation). Rapport E.T.B.J. no.9. Société d'Energie de la Baie James, Montréal, 5 pp.
- KHALAF, G. et H. TACHET. 1977. La dynamique de colonisation des substrats artificiels par les macroinvertébrés d'un cours d'eau. Annls. Limnol. 2: 169-190.
- LADDLE, M., J. A. B. BASS, F. R. PHILPOTT et A. JERRERY. 1977. Observation on the ecology of Simuliidae from the River Frome, Dorset. Ecol. Entomol. 2: 197-204.
- LANDAU, R. 1962. Four forms of Simulium tuberosum (Lund.) in southern Ontario: a salivary gland chromosome study. Can. J. Zool. 40: 921-939.
- LEWIS, D. J. et G. F. BENNETT. 1974. An artificial substrate for the quantitative comparaison of the densities of larval simuliid (Diptera) populations. Can. J. Zool. 52: 773-775.

- LEWIS, D. J. et G. F. BENNETT. 1973. The Blackflies (Diptera: Simuliidae) of insular Newfoundland. I. Distribution and bionomics. Can. J. Zool. 51: 1181-1187.
- LEWIS, D. J. et G. F. BENNETT. 1974. The Blackflies (Diptera: Simuliidae) of insular Newfoundland. II. Seasonal succession and abundance in a complex of small streams on the Avalon Peninsula. Can. J. Zool. 52: 1107-1113.
- MACKAY, R. J. 1969. Aquatic insect communities of a small stream on Mont St-Hilaire, Quebec. J. Fish. Res. Bd. Canada 26: 1157-1183.
- MAILHOT, Y. 1979. Etude écologique et cartographie de la végétation et des milieux producteurs de populations larvaires de moustiques (Diptera: Culicidae) du secteur de LG-2 - Radisson, territoire de la Baie de James, Québec. Thèse de doctorat. Université Scientifique et Médicale de Grenoble.
- MAIRE, A. et A. AUBIN. 1976. Inventaire et classification écologique des biotopes à larves de moustiques (Culicidae) de la région de Radisson (territoire de la Baie de James, Québec). Can. J. Zool. 54: 1979-1991.
- MANSINGH, A., R. W. STEELE and B. V. HELSON. 1972. Hibernation in the black fly Prosimulium mysticum: quiescence or oligopause? Can. J. Zool. 50: 31-34.
- MEINERT, F. 1886. De eucephale Muggenlarven. K. Danske Vidensk. Selsk. Skrist. 3: 458 pp.

- MOKRY, J. 1976. Laboratory studies on the larval biology of Simulium venustum Say. Can. J. Zool. 54: 1657-1663.
- MOLLOY, D. 1979. Description and bionomics of Mesomermis camdenensis n. sp. (Mermithidae), a parasite of black flies (Simuliidae). J. Nematol. 11: 321-328.
- NEVEU, A. 1973. Variations biométriques saisonnières chez les adultes de quelques espèces de Simuliidae (Diptera, Nematocera). Arch. Zool. Exp. Gren. 114: 261-270.
- NEVEU, A. 1974. La dérive des stades aquatiques de quelques familles de diptères torrenticoles. Ann. Hydrobiol. 5: 15-42.
- PETERSON, B. V. 1970. The Prosimulium of Canada and Alaska (Diptera: Simuliidae). Mem. ent. Soc. Can. 69: 216 pp.
- PETERSON, B. V. 1978. Simuliidae. In Merritt, R. W. and K. W. Cummins (eds). An introduction to the aquatic insects of North America. Pp.331-344.
- PINKOVSKY, D. D. 1970. An ecological survey of the black flies (Diptera: Simuliidae) of Tompkins County, New-York. M.A. Thesis, Cornell University.
- PTACKEK, V. et KNOZ, J. 1971. Über die larvale Entwicklung der Art Simulium (S. argyreatum Meigen 1838. Scripta Fac. Sci. Nat. UJEP Brunensis, Biol. 3: 179-195.
- PURI, I. M. 1925. On the life history and structure of the early stages of Simuliidae (Diptera, Nematocera). Parasitology 17(3-4): 295-369.
- REISEN, W. K. 1974. The ecology of Honey Creek. A preliminary evaluation of the influence of Simulium spp. (Diptera: Simuliidae) larval

populations on the concentration of total suspended particles.

Ent. News 85: 275-278.

REISEN, W. K. 1975. Quantitative aspects of *Simulium virgatum* Coq. and

Simulium species life history in a southern Oklahoma stream.

Ann. Entomol. Soc. Am. 68: 949-954.

ROSS, D. H. et R. W. MERRITT. 1978. The larval instars and population

dynamics of five species of black flies (Diptera: Simuliidae) and their responses to selected environmental factors. Can. J. Zool.

56: 1633-1642.

ROSS, D. H. et D. A. CRAIG. 1979. The seven larval instars of *Prosimulium*

mixtum Syme and Davies and *P. mixtum* Syme and Davies (Diptera:

Simuliidae). Can. J. Zool. 57: 290-300.

ROSS, D. h. 1979. The larval instars of the black flies *Stegopterna mutata*

and *Simulium vittatum* (Diptera: Simuliidae). Can. Ent. 111:

693-697.

ROTHFELS, K. H. et D. M. FREEMAN. 1977. The salivary gland chromosomes of

seven species of *Prosimulium* (Diptera: Simuliidae) in the *mixtum* (III L-1) group. Can. J. Zool. 55: 482-507.

ROTHFELS, K., R. FEREDAY et A. KANEPS. 1978. A cytological description of

sibling species of *Simulium venustum* and *S. verecundum* with standard maps for the subgenus *Simulium* Davies (Diptera). Can. J. Zool.

56: 1110-1128.

ROTHFELS, K. H. 1979. Cytotaxonomy of blackflies (Simuliidae). Ann. Rev.

Entomol. 24: 507-539.

- SCHWARTZ, L. M. 1971. Digital method of spectral peak analysis. *Anal. Chem.* 213: 1336-1338.
- SHELDON, A. L. 1977. Colonization curves: application to stream insects on semi-natural substrates. *Oikos suppl.* 28: 256-261.
- SHELDON, A. L. et M. W. OSWOOD. 1977. Blackfly (Diptera: Simuliidae) abundance in a lake outlet: test of a predictive model. *Hydrobiol.* 56: 113-120.
- SHEWELL, G. E. 1957. Interim report on distributions of the blackflies obtained in the Northern Insect Survey. Contribution No. 3684, Entomology Division, Science Service, Department of Agriculture, Ottawa, Canada.
- SHEWELL, G. E. 1958. Classification and distribution of arctic and sub-arctic Simuliidae. *Proc. 10th int. Cong. Ent., Montréal*, 1: 635-643.
- SMART, J. S. 1934. On the biology of the black fly, Simulium ornatum Meig. (Diptera: Simuliidae). *Proc. Royal Phys. Soc. Edimburgh* 22: 217-238.
- SMART, J. S. 1944. The British Simuliidae with keys to the species in the adult, pupal and larval stages. *Freshwater Biol. Assoc. British Empire, Sci. Publ.* 9: 1-57.
- SMITH, C. D. 1969. The effects of temperature on certain life stages of Simuliidae (Diptera). Unpubl. M.Sc. Thesis. University of Durham Library, England. 122 pp.

- SOMMERMAN, K. M., R. I. SAILER et C. O. ESSELBAUGH. 1865. Biology of Alaska black flies (Simuliidae, Diptera). *Ecol. Monog.* 25: 345-385.
- SPEIR, J. A. et N. H. ANDERSON. 1974. Use of emergence data for estimating annual production of aquatic insects. *Limnol. Oceanog.* 19(1): 154-156.
- STONE, A. and A. JAMNBACK. 1955. The blackflies of New York State (Diptera: Simuliidae). *N. Y. State Mus. Bull.* 349: 1-144.
- STONE, A. 1965. Simuliidae. In A catalog of the Diptera of America, North of Mexico. *Agric. Handb. U.S. Dep. Agric.* 276: 181-189.
- STONE, A. and E. L. SNODDLY. 1969. The blackflies of Alabama (Diptera: Simuliidae). *Bull. Agric. Exp. Stn. Auburn University, Auburn, Alabama.* No. 390.
- TERTERJAN, A. E. 1957. Determination of the number of stages of Black Fly larvae (Diptera, Simuliidae). *Rev. Ent. U.S.S.R.* 36, part 4: 860-868.
- TOMOSVARY. 1892. Golubaczka muha. *Hrvatsko navarosska Drustvo.* 187-204.
- TWINN, C. R. 1936. The black flies of eastern Canada. *Can. J. Res.* 14: 97-150.
- TWINN, C. R., B. HOCKING, W. C. MCDUFFIE et H. F. CROSS. 1948. A preliminary account of the biting flies at Churchill, Manitoba. *Can. J. Res. D.* 26: 334-357.
- ULFSTRAND, S. 1967. Microdistribution of benthic species (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae) in Lapland streams. *Oikos* 18: 293-310.
- ULFSTRAND, S. 1968. Benthic animal communities in Lapland streams. *Oikos*

suppl. 10: 116 pp.

WELCH, H. E. 1964. Mermithid parasites of blackflies. Bull. WHO 31: 857-863.

WANSON, M. et C. HENRARD. 1945. Habitat et comportement larvaire de Simulium damnosum Theobald. Rec. Tr. Sc. Med. Congo belge 4: 113-121.

WIGGLESWORTH, V. B. 1947. The principles of insect physiology, 3rd ed. Methuen, London. 434 pp.

WINN, A. F. et G. BEAULIEU. 1932. Part II: Diptera. Revised and supplemented. In Petch, C. E. et J. B. Maltais. A preliminary list of the insects of the Province of Quebec. Quebec Soc. Prot. Plants, Ann. Rpt 23-24, suppl. à 24: 1-100.

WOLFE, L. S. et D. G. PETERSON. 1959. Black flies (Diptera: Simuliidae) of the forest of Quebec. Can. J. Zool. 37: 137-159.

WOOD, D. M., B. V. PETERSON, D. M. DAVIES et HELEN GYORKOS. 1963. The blackflies (Diptera: Simuliidae) of Ontario. Part II. Larval identification, with description and illustrations. Proc. Entomol. Soc. Ont. 93: 99-129.

WOTTON, R. S. 1976. The distribution of blackfly larvae (Diptera: Simuliidae) in Upper Teasdale streams, Northern England. Hydrobiologia 51: 259-263.

WOTTON, R. S. 1978. The feeding-rate of Metacnephia tredecimatum larvae (Diptera: Simuliidae) in a Swedish lake outlet. Oikos 30: 121-125.

- YAKUBA, V. N. 1959. On the migration of black fly (Diptera: Simuliidae).
Rev. Ent. URSS 38: 424-434. (Rev. appl. Ent. (1961) 49: 195).
- ZAHAR, A. R. 1951. Ecology and distribution of black flies in southeast
Scotland. J. Anim. Ecol. 2: 33-62.
- ZWICK, H, 1974. Faunistischökologische und taxonomische Untersuchungen
an Simuliidae (Diptera) unter besonderer Berücksichtigung der
Arten des Fulda-Gebietes. Abh. Senckenb. Natuforsch. Ges. 533:
1-116.